NR IND 372161

praktyczny Elektronik

WWW.PE.COM.PL

nr 5'2002 (116) CENA 6,20 PLN (zawiera 7% VAT) ISSN 1232-2628

Kolumna estradowa 300/600 W

Wzmacniacz mocy HEX MOSFET 350 W

Filtr pasmowy do usuwania sprzężeń

Pomiary elektroakustyczne z wykorzystaniem mikrokomputera

Wykrywacz podsłuchów







Artyści

Ostatnio sporo miejsca w Praktycznym Elektroniku poświęciłem sprzętowi estradowemu. Zajmując się tym tematem z przyjemnością, gdyż od sprzętu estradowego rozpoczęło się moje zainteresowanie elektroniką, oddałem się lekturze poświęconej tym zagadnieniom. Testując publikowane urządzenia w praktyce estradowej na własnej skórze przekonałem się jak trudna jest rola realizatora. Profesjonaliści obstawiają się dosłownie tonami sprzętu, setkami, jeżeli nie tysiącami pokręteł, przełączników, mierników i wszelkich cudów jakie dzisiejsza elektronika jest w stanie zapewnić. Jednak końcowym elementem tych wszystkich torów jest ucho realizatora, jego wyczucie brzmienia, kompozycji planów dźwiękowych, poczucie smaku. Wszystko to skłoniło mnie do kilku refleksji, którymi chciałbym się podzielić z tymi którzy czytają moje wywody.

Nowoczesna technika jest w stanie wydobyć z instrumentów, ust wokalistów właściwie wszystko. Wszelkiego rodzaju urządzenia peryferyjne mogą modyfikować, czytaj poprawiać, wszelkie niedociągnięcia warsztatowe. Rodzi się zatem pytanie: kto tak naprawdę jest wykonawcą i jaki udział mają artyści a jaki facet stojący za konsoletą miksera. Swego czasu był taki Pan, który zasłynął z realizacji nagrań kilku bardzo znanych i cenionych do dzisiaj płyt. Później rozpoczął karierę, zresztą udaną jako artysta. Ale jest to jedyny znany mi przypadek kiedy doceniono realizatora. Jakby jednak nie patrzeć jest to jeszcze jeden muzyk grający na potencjometrach i klawiszach przełączników, przesuwający z gracja suwaki tłumików i zawsze słuchający tego co jest grane.

Rolę realizatorów w końcowym efekcie jakim jest koncert lub płyta może dostrzec każdy. Wystarczy tylko siąść wieczorem i posłuchać w ciszy i spokoju kilku swoich ulubionych płyt. Okazuje się, że na jednej gitara brzmi pięknie i czysto, słychać wyraźnie rozdzielone uderzenia w struny basu i klarowny dźwięk perkusji. Talerze brzmią metalicznie a na pierwszy plan wyłania się wokalista, tak jakby był z nami w pokoju tuż na wyciągnięcie ręki. Na drugiej płycie, którą lubię jeszcze bardziej ze względu na muzykę wszystko okazuje się nie takie jak powinno być. Dźwięki zlewają się ze sobą głos wokalu jest płaski i blady, bez cienia ekspresji. Czy winni są tu artyści? Chyba nie wszak to doskonała kapela, po prostu nie miała szczęścia do dobrego realizatora.

Piękno i wysoką jakość realizacji można też łatwo zauważyć słuchając w dużym pomieszczeniu, na estradowych oczywiście kolumnach, gotowych nagrań. Przy dużej głośności od razu można usłyszeć różnice. Jedne płyty robią tylko straszny hałas a inne grają świetnie.

Zatem pamiętajmy o realizatorach i część naszego uznania dla płyty lub koncertu kierujmy milcząco pod adresem tych z reguły anonimowych osób.

Redaktor Naczelny

Dariusz Cichoński



Spis treści

Płytki drukowane wysyłane są za zaliczeniem pocztowym. Orientacyjny czas oczekiwania wynosi 3 tygodnie. Zamówienia na płytki drukowane, układy programowane i zestawy prosimy przesyłać na kartach pocztowych, na kartach zamówień zamieszczanych w PE, faksem lub pocztą elektroniczną. Koszt wysyłki wynosi 11 zł bez względu na kwotę pobrania. W sprzedaży wysyłkowej dostępne są archiwalne numery „Praktycznego Elektronika", wykazy numerów na stronie 20. Kserokopie artykułów i całych numerów, których nakład został wyczerpany wysyłamy w cenie 2,50 zł za pierwszą stronę, za każdą następną 0,50 zł + koszty wysyłki.

Adres Redakcji:
„Praktyczny Elektronik"
ul. Jaskółcza 2/5
65-001 Zielona Góra
tel/fax.: (0-68) 451-02-70
e-mail: redakcja@pe.com.pl; http://www.pe.com.pl
Redaktor Naczelny:
mgr inż. Dariusz Cichoński
Skład komputerowy:
Krzysztof Kubik
e-mail: k.kubik@pe.com.pl

Zdjęcie na okładce: Ireneusz Konieczny

Druk: Drukarnia Stella Maris w Gdańsku

Kolumna estradowa 300/600 W wraz z monitorem 125/250 W

W cyklu artykułów poświęconych elementom nagłośnienia estradowego nie może zabraknąć miejsca na kolumny głośnikowe. Jest to o tyle ważne, że większość artykułów poruszających temat głośników poświęcona jest domowym zestawom głośnikowym. Jak się niebawem okaże głośniki estradowe to zupełnie inna para kaloszy. Na wstępie od razu pragnę zastrzec, że opisane w artykule kolumny zupełnie nie nadają się do zastosowań domowych, na co składa się szereg przyczyn.

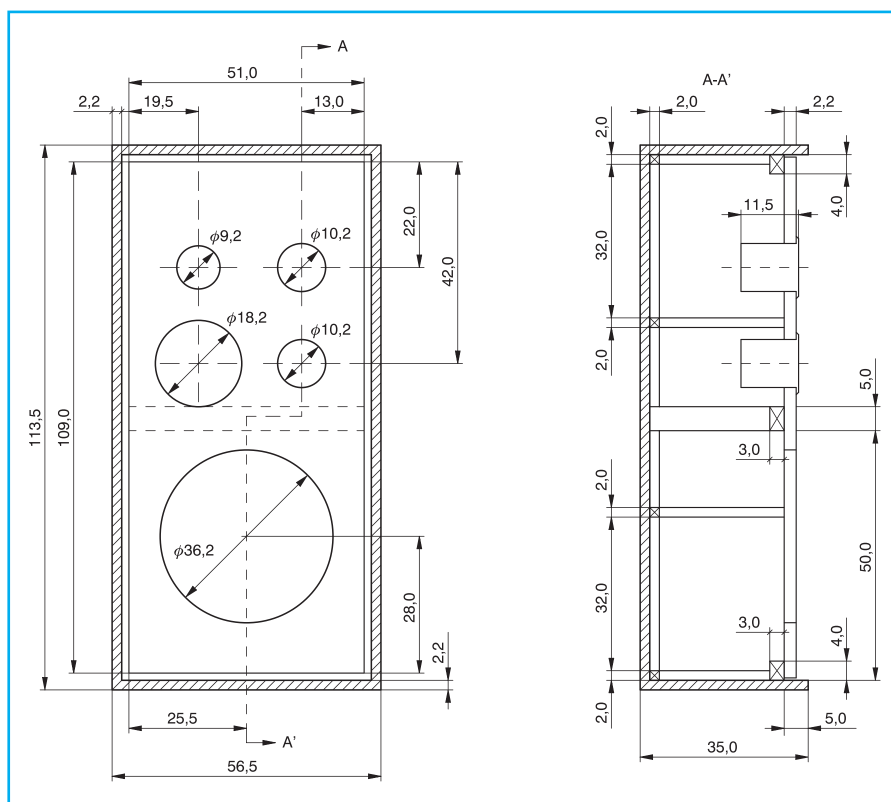
Wybór głośników

Przystępując do budowy kolumny estradowej w pierwszej kolejności należy określić jak dużej mocy ma ona być. Wybór mocy decyduje bowiem od dalszej konstrukcji zestawu. Nie trzeba chyba nikogo przekonywać, że koszt budowy jest proporcjonalny do mocy. Niezbędna do nagłośnienia moc kolumn zależy przede wszystkim od objętości nagłaśnianego pomieszczenia. Dla małych i średnich sal o kubaturze rzędu 5÷10 tys. m³ można przyjąć, że w zupełności wystarczy moc elektryczna 2×300 W, co po uwzględnieniu sprawności przetwarzania głośników daje moc akustyczną ok. 2×10 W (2×20 W dla mocy muzycznej, o której mowa będzie dalej). Oczywiście różne źródła literaturowe podają różnego rodzaju wzory do obliczania niezbędnej mocy elektrycznej. Dane te są jednak tylko orientacyjne i znacznie różnią się miedzy sobą.

Tutaj mała dygresja dotycząca sztuki budowania kolumn, nagłaśniania i realizacji koncertów. Wszystkie te czynności wymagają wiedzy i doświadczenia. Są one bardzo trudno ujmowalne w ścisły opis matematyczny. Większość wzorów ma podłoże empiryczne, stąd spotykane często w różnych książkach i artykułach rozbieżności. Studiując wiele pozycji literaturowych trudno wyrobić sobie skonkretyzowany pogląd na całość zagadnień, gdyż przedstawiane punkty widzenia są często ze sobą sprzeczne. Dlatego akustyka z całą otoczką elektroniczną jest często bardziej sztuką niż elektroniką. Z góry zastrzegam się, że niektórzy z Czytelników mogą nie zgadzać się z moimi poglądami na kwestie akustyki i na pewno są w stanie znaleźć inne wskazówki i zalecenia. Moja wiedza w tym temacie także pochodzi z różnego rodzaju literatury, oraz wypływa z doświadczenia praktycznego. Niektóre aspekty związane z projektowaniem i budową kolumny estradowej zostaną w poniższym artykule potraktowane skrótowo, gdyż są one bardzo szeroko opisywane przez innych bardziej kompetentnych autorów, niektóre zaś opiszę nieco obszerniej, gdyż są to zagadnienia bardzo często pomijane milczeniem w literaturze o czym duża liczba pytań kierowanych do mnie. Koniec dygresji.

Można przyjąć, że moc akustyczna 1 W w sali o objętości 3 tys. m³ daje intensywność dźwięku na poziomie 100 dB. Wzrost intensywności o 10 dB wymaga dziesięciokrotnego wzrostu mocy. Moc akustyczna 2×10 W jest już naprawdę dość duża i pozwala na uzyskanie intensywności dźwięku rzędu 100÷110 dB. Wyższe poziomy intensywności dźwięku mogą być już groźne dla naszych uszu.

Mając wybraną moc kolumny trzeba podjąć decyzję o liczbie głośników. Na estradzie można spotkać wszelkie możliwe kombinacje. Najpopularniejszy jest chyba układ „boxów” czyli głośników umieszczonych w indywidualnych obudowach. Tego typu rozwiązanie zapewnia dużą elestyczność składanie zestawu nagłaśniającego z klocków, stosownie do potrzeb. Dla możliwości jakimi dysponuje przeciętny Czytelnik jest to jednak rozwiązanie zbyt drogie. Pozostaje zatem do wyboru kolumna dwudrożna lub trójdrożna. Kolumny dwudrożne z reguły budowane są jako zestawy o mocy powyżej



Rys. 1 Wymiary obudowy

300 W i wbrew pozorom są często droższe od kolumn trójdrożnych a to za sprawą wysokiej ceny szerokopasmowych głośników (driverów) do których to dochodzi jeszcze konieczność zakupienia tuby. Tak więc kolumna trójdrożna wydaje się w tym przypadku optymalnym rozwiązaniem.

Mając na uwadze powyższe dane czas zabrać się za same głośniki. Od razu zalecam wyłączenie z grupy zainteresowań głośników przeznaczonych do zestawów domowych, lub też głośników samochodowych. Głośniki tego typu nie nadają się do naszych zastosowań. W rachubę wchodzą tylko głośniki przeznaczone do celów estradowych, odpowiednio duże i odporne na przeciążenia. Pusty śmiech wywołują u mnie głośniki samochodowe o średnicy 10′ (25 cm) o mocy 300 i więcej watów z magnesem wielkości pięści. Na estradę takie wynalazki stanowczo nie nadają się.

Dobre głośniki estradowe powinny przede wszystkim posiadać odpowiednio duży magnes o dużej masie rzędu 3 kg na każde 100 W mocy. W głośnikach większych mocy (powyżej 300 W) system magnetyczny wraz z cewką powinien być wentylowany. Można poznać to po otworze i sitku umieszczonym z tyłu głośnika w nabiegunnikach magnesu.

Na estradzie wymagana jest jak największa sprawność energetyczna. W przypadku głośników podawana ona jest jako efektywność wyrażana w dB przy zasilaniu głośnika napięciem 2,83 V, co dla impedancji 8 Ω odpowiada mocy 1 W i mierzona w odległości 1 m. Efektywność powinna być jak największa rzędu 96÷100 dB, dla głośników wysokotonowych nawet można spotkać wartości 104÷107 dB. Radzę zwracać uwagę na warunki pomiaru efektywności. Spotkałem się już z opisem, w którym efektywność podawano dla odległości mniejszej niż 1 m, co oczywiście poprawia wynik pomiaru.

Kosz głośnika obowiązkowo musi być odlewany ze stopów aluminium, żadne tłoczone blachy nie wchodzą w rachubę. Zawieszenie membrany także powinno być odpowiednie, żadnych miękkich gum i podobnych rozwiązań, wystarczy zwykła impregnowana tkanina lub coś podobnego. Także membrana powinna być klasyczna tzn. papierowa. W zakresie głośników niskotonowych wszelkie nowoczesne rozwiązania są dość kosztowne, głównie dotyczy to lekkich magnesów neodymowych, bardzo obciążających kieszeń.

Do kompletu wskazówek można jeszcze podać średnicę głośnika niskotonowego, która nie może być zbyt mała. Minimum to 12′ (30 cm), jednak zalecam zastosowanie głośników 15′ (38 cm), które zapewniają odtwarzanie w dość szerokim paśmie częstotliwości co jak okaże się później jest bardzo ważne. Głośniki o średnicach 18′ i większych generalnie nie nadają się do naszych celów. W większości przypadków są to typowe głośniki do „boksów" pracujące w paśmie częstotliwości rzadko przekraczającym 500 Hz, choć można spotkać wyjątki.

Przedstawione powyżej kryteria spełniają głośniki hiszpańskiej firmy BEYMA. Doskonale nadają się one do zbudowania trójdrożnej kolumny estradowej średniej mocy. Na końcu artykułu dla zainteresowanych podaję adres przedstawiciela handlowego firmy BEYMA w Polsce, prowadzącego również sprzedaż wysyłkową.

Zostawmy teraz na boku same typy głośników. Istotne są ich moce i zakresy częstotliwości w których będą pracować. Na temat mocy spotkać można wiele różnych poglądów. Generalnie w zakresie mocy panuje nieopisany bałagan. Stąd też małe wynalazki głośnikopodobne o mocach 300 W i większych. Zalecam kierowanie się tylko i wyłącznie mocą skuteczną (ang. RMS) jaką jest w stanie przyjąć głośnik pobudzany tonem sinusoidalnym. Należy pamiętać, że przy sprawności głośnika na poziomie pojedynczych procentów cała reszta mocy doprowadzonej ze wzmacniacza zamienia się na ciepło. Radzę porównać wielkość radiatora we wzmacniaczu z wymiarami magnesu, wszak we wzmacniaczu traci się jedną połowę mocy a druga połowa przypada na głośnik. Wyprodukowanie 10 W mocy akustycznej wymaga strat mocy rzędu 600 W.

Moc muzyczna także jest dość istotna pozwala ona ocenić możliwości głośnika do przyjęcia przeciążeń a takie występują praktycznie cały czas podczas programu muzycznego. Przebiegi akustyczne są bardziej zbliżone do przebiegów stochastycznych (losowych) niż do przebiegów sinusoidalnych, tak więc moc skuteczna (RMS) mierzona dla sygnału sinusoidalnego określa długoterminowe możliwości obciążeniowe głośnika, natomiast moc muzyczna odpowiada rzeczywistej mocy jaką w warunkach programu muzycznego można dostarczyć bez obaw do głośnika. Wydaje się, że rozsądnym jest pogląd iż moc muzyczna jest dwukrotnie większa od ciągłej mocy skutecznej. Dla sygnałów akustycznych twierdzenie to można dość łatwo zweryfikować, co sam zrobiłem. Wystarczy do wyjść wzmacniacza dołączyć rezystory o odpowiednio dużej mocy i „puścić" w nie sygnał sinusoidalny w kanale lewym i sygnał muzyczny w kanale prawym. Przy pomocy miernika wysterowania ustawia się poziom sygnału sinusoidalnego na 0 dB. Natomiast poziom sygnału w kanale muzycznym ustawia się na +3 dB, co odpowiada dwukrotnie większej mocy. +3 dB odpowiada większemu 1,41 raza napięciu wyjściowemu. Ponieważ we wzorze na moc $P=U^2/R$ napięcie podniesione jest do kwadratu otrzymamy dwukrotnie większą moc wyjściową (muzyczną). Teraz po kilkunastu minutach można sprawdzić temperaturę rezystorów w kanale lewym i prawym. Idę o zakład, że będzie zbliżona. Zakładam oczywiście, że do czynienia mamy z muzyką rozrywkową, rockiem itp., gdyż dla czystych partii fortepianowych lub chórów stosunek ten wypadnie nieco inaczej.

Kolejnym problemem jest określenie mocy poszczególnych głośników. Najprościej jest z głośnikiem niskotonowym. To jego moc jest brana pod uwagę przy podawaniu mocy kolumny. Choć spotkałem już kolumny, w których jako moc znamionową podawano sumaryczną moc wszystkich głośników. Można przyjąć, że moc głośników średniotonowego i wysokotonowego powinny być równe mocy głośnika niskotonowego. Rozumowanie to jest w zasadzie całkiem poprawne, lecz prowadzi niepotrzebnie do olbrzymich kosztów. Ponownie trzeba przypomnieć, że sygnał muzyczny jest bardzo zbliżony do przebiegu stochastycznego. Łatwo się o tym przekonać obserwując na ekranie oscyloskopu sygnał muzyczny. Na pewno jest on bardziej podobny do przebiegu szumu niż do czystego sygnału sinusoidalnego (przynajmniej na ekranie oscyloskopu). Tak też jest w istocie. Widmo sygnałów muzycznych (mowa tu o szeroko pojętej muzyce rozrywkowej) ma przebieg podobny do szumu różowego, z tą tylko niewielką różnicą, że dla częstotliwości powyżej 5 kHz przebiegi muzyczne wykazują nieco większy spadek przebiegu widma.

Przy sygnałach szumowych trudno jest mówić o chwilowej wartości napięcia (amplitudy). Ten kłopotliwy problem rozwiązuje się mówiąc o wartości skutecznej napięcia szumów. Dla sygnału sinusoidalnego wartość skuteczną podaje się dla konkretnej częstotliwości przebiegów. Sygnały szumowe nie posiadają jednak żadnej wyróżnionej częstotliwości, po prostu są losowe. Dlatego też zawsze przy podawaniu wartości skutecznej napięcia szumów podawana jest także szerokość pasma sygnału, w którym tą wartość zmierzono. Zatem napięcie skuteczne szumu zmierzone w paśmie 100 Hz będzie zupełnie inne niż w paśmie 1 kHz.

Szum różowy posiada specyficzne widmo opadające z szybkością 3 dB/oktawę. Oktawa to odstęp pomiędzy dwoma częstotliwościami z których jedna jest dwukrotnie większa od drugiej np. 100 Hz i 200 Hz ale także 1543 Hz i 3086 Hz. Takie opadanie widma szumu powoduje, że moc sygnału szumowego wydzielona na rezystorze jest stała dla każdej oktawy. Zatem moc przypadająca na oktawę 100÷200 Hz jest taka sama jak moc przypadająca na oktawę 10÷20 kHz mimo, że pasmo pierwszej oktawy ma szerokość tylko 100 Hz a drugiej aż 10 kHz. Zresztą zależność ta dotyczy dowolnych odstępów częstotliwości. Ważne jest tylko aby iloraz pomiędzy częstotliwością górną i dolną był jednakowy dla obydwu porównywanych pasmach. Już teraz można zauważyć, że głośnik wysokotonowy w ponad połowie swojego pasma pracy przenosi moc jaka przypada na minimalny kawałek pasma pracy głośnika niskotonowego.

Załóżmy, że pasmo odtwarzanych przez kolumnę częstotliwości ma wynosić 20 Hz do 20 kHz. W praktyce nie uda się osiągnąć dolnej granicy pasma, lecz głośnik niskotonowy będzie musiał przyjąć na siebie moc która może pojawić się na tych super niskich częstotliwościach. Następnym założeniem będzie podział częstotliwości w kolumnie. Nie wdając się na razie w szczegóły załóżmy, że będą to częstotliwości 800 Hz i 6 kHz, reprezentatywne dla trójdrożnych kolumn estradowych.

Stosunek częstotliwości górnych i dolnych dla poszczególnych głośników będzie więc następujący:

$$GN = \frac{800}{20} = 40$$

$$GŚ = \frac{6000}{800} = 7{,}5$$

$$GW = \frac{20000}{6000} \approx 3{,}3$$

Czyli moc doprowadzana do poszczególnych głośników podlega takiemu rozkładowi. Przyjmując sumę składowych (40+7,5+3,3=100%) można obliczyć procentowy podział mocy na poszczególne głośniki:

$$GN \approx 79\%$$

$$GŚ \approx 15\%$$

$$GW \approx 6\%$$

Czyli głośnik niskotonowy musi mieć moc ponad dziesięciokrotnie większą od głośnika wysokotonowego. Wykonajmy teraz kolejną woltę. Jak już wcześniej powiedziano moc znamionowa kolumny jest równa mocy znamionowej głośnika niskotonowego. Zatem trzeba przyjąć następujący stosunek:

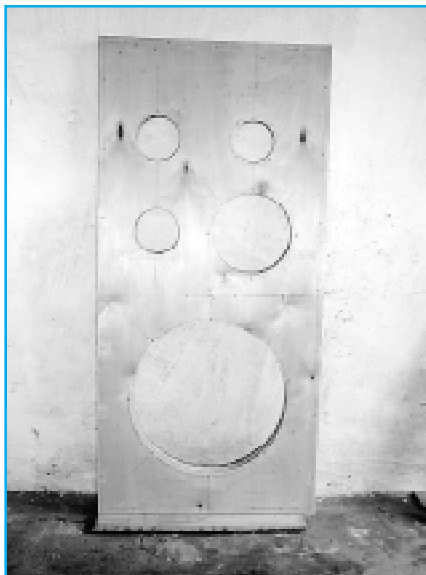
$$\frac{300\,W}{79\%} = \frac{Pśr}{15\%}, \quad Pśr \approx 59\,W$$

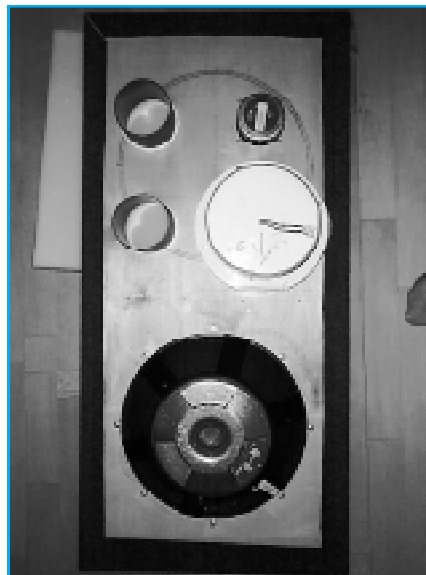
$$\frac{300\,W}{79\%} = \frac{Pw}{6\%}, \quad Pw \approx 23\,W$$

Jeszcze raz przypominam, że powyższe obliczenia są prawdziwe przy założeniu, że rozkład widma sygnału muzycznego jest zbliżony do widma szumu różowego oraz do podanych powyżej częstotliwości podziału pasma akustycznego na głośniki. Ze względów bezpieczeństwa warto jednak stosować nieco większe niż obliczone powyżej moce głośników lecz nie należy tu zbytnio przesadzać.

Sprawa z głośnikiem wysokotonowym wymaga jeszcze jednej istotnej uwagi. Z reguły głośniki wysokotonowe posiadają znacznie większą efektywność (sprawność) w porównaniu z głośnikami niskotonowymi. Z tego też względu w zwrotnicach spotykane bywa tłumienie głośnika wysokotonowego stąd też nie ma potrzeby zbytniego zwiększania jego mocy. Z drugiej strony przy podbiciu tonów wysokich w regulatorze barwy dźwięku lub korektorze graficznym mamy do czynienia ze znacznym zwiększeniem mocy traconej w głośniku wysokotonowym. Jest to na szczęście kompensowane nieco większym spadkiem widma sygnału akustycznego w obszarze tonów wysokich niż miało to miejsce w przypadku szumu różowego, który posłużył jako punkt wyjścia.


Fot. 1 Widok wnętrza obudowy z zamocowanymi wzmocnieniami


Fot. 2 Płyta czołowa z wyciętymi otworami na głośniki


Fot. 3 Widok płyty czołowej z zamontowanymi głośnikami, tunelami bass-reflex i osłoną głośnika średniotonowego

Natomiast głośnik średniotonowy „łapie” jeszcze nieco sygnałów leżących zarówno poniżej dolnej jak i powyżej górnej częstotliwości podziału. Stąd też wskazane jest stosowanie nieco większej mocy niż ta obliczona. Dalszą poprawkę należy wziąść na gitarzystów z efektami (fuuzz distortion itp.), które wzbogacają sygnał z gitary w dużą liczbę harmonicznych przypadających właśnie na głośnik średniotonowy.

Mimo kilku poprawek powyższe obliczenia są zawsze punktem wyjścia do określenia mocy poszczególnych głośników.

Przedstawione powyżej rozważania dotyczące mocy muzycznej, widma rzeczywistego sygnału muzycznego, mocy przypadającej na poszczególne pasma częstotliwości można w dość prosty sposób przeanalizować przy pomocy dowolnego komputerowego programu muzycznego, posiadającego możliwość obróbki statystycznej wszelkiego typu sygnałów.

Po całym tym może trochę przydługim wykładzie nadszedł czas na przedstawienie wybrańców. Są to następujące głośniki:
– niskotonowy 15 K 200 moc 300 W;
– średniotonowy 8 M 100 moc 100 W;
– wysokotonowy CP 21/F moc 25 W.

Przy wyborze kierowałem się przedstawionymi wyżej względami. Ponadto ważny był też aspekt ekonomiczny całego przedsięwzięcia. Dokładne dane techniczne w/w głośników można znaleźć w Katalogu Praktycznego Elektronika w niniejszym numerze pisma. Pragnę tylko zwrócić uwagę, że zgodnie z wcześniejszymi moimi sugestiami moc podana przy każdym z głośników (wg. danych producenta) odnosi się do przebiegu sinusoidalnego. Każdy z głośników wytrzymuje obciążenie ciągłą mocą przez co najmniej dwie godziny. Moc muzyczna jest dwukrotnie większa jak należało oczekiwać i odnosi się do normalnego programu muzycznego.

Po wyborze głośników czas na obudowę.

Obudowa

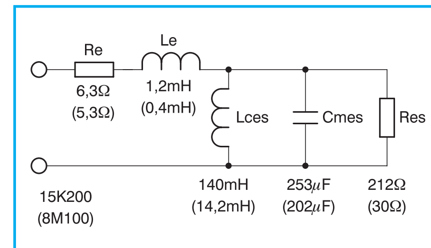
Przy budowie kolumny samodzielnie w rachubę wchodzi jedynie obudowa bass-reflex. Gorąco odradzam próby zbudowania obudowy labiryntowej. Miałem okazję dwa razy posłuchać takiej kolumny zbudowanej amatorsko i efekt był delikatnie mówiąc słaby. Podobnie nie polecałbym obudowy pasmowej. Obudowa zamknięta odpada ze względu na zastosowany typ głośnika i zbyt małą efektywność tego rozwiązania.

Na temat obudów bass-reflex można znaleźć tysiące opisów oraz programów komputerowych pomocnych do zaprojektowania takiego cacka. Próbowałem liczyć taką obudowę w oparciu o parametry Thiele-Small’a, lecz różne programy dochodziły do różnych wyników, choć muszę przyznać, że wyniki były dość zbliżone do siebie. Jednak wybrałem nieco inną drogę, którą polecam Czytelnikom jako prostszą i tańszą. Po prostu za przysłowiowe grosze kupiłem stare zapomniane obudowy od kolumn ELTRON 100 o objętości 150 l, z których ktoś dawno temu wymontował głośniki. Obudowy były mocno zniszczone i poobijane ze wszystkich stron, ale jak na ponad 25 lat, które upłynęły od ich wyprodukowania trzymały się całkiem nieźle. Jestem głęboko przekonany, że w wielu zapomnianych miejscach domach kultury, zakładach przemysłowych, świetlicach i szkołach można jeszcze znaleźć takie kolumny – gwarantuję, że wszystkie będą bez głośników.

Nie będę tu rozwodził się nad renowacją obudów ani nad przyklejaniem nowej okładziny podobnej do wykładziny podłogowej tylko znacznie cieńszej. Rzecz w tym, że skrzy-



Fot. 4 Widok obudowy w trakcie oklejania wykładziną z częściowo założonym wytłumieniem



Rys. 2 Schemat ideowy zwrotnicy głośnikowej 12 db/okt. O częstotliwościach podziału 1 kHz i 6 kHz

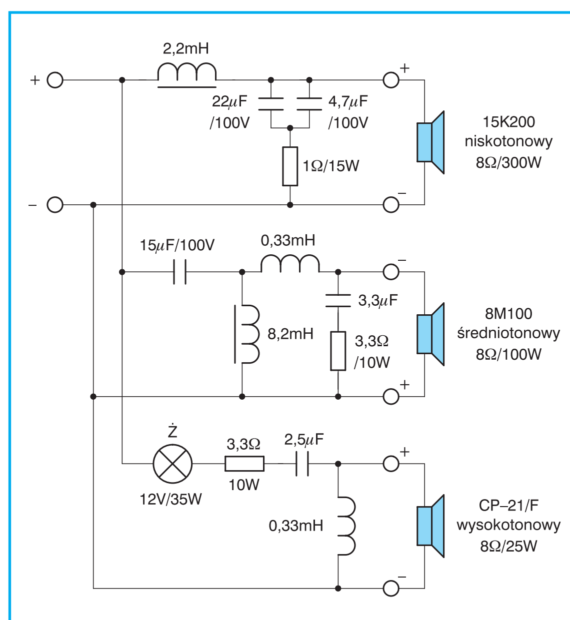
nie koniecznie wymagają wzmocnienia. We wszystkich wewnętrznych krawędziach połączenia ze sobą płyt wiórowych wkleja się beleczki drewniane o przekroju 2×2 cm (2,5×2,5 cm) (rys. 1). Dokładne dociśnięcie beleczek do obu ścianek zapewniają wkręty do drewna. Proszę pamiętać, że śruby nie spełniają później żadnej większej roli. Służą tylko na czas klejenia. Właściwą wytrzymałość ma zapewnić klej. Można tu stosować dowolny klej do drewna np. Wikol. Oprócz tego należy jeszcze wkleić dwa dodatkowe poziome linie wzmocnień biegnące w 1/3 i 2/3 wysokości obudowy. Zapewni to wystarczającą sztywność.

Oprócz tego w przedniej części obudowy wymagane jest znacznie solidniejsze wzmocnienie, stanowiące dodatkową poziomą podporę dla płyty czołowej, do której przykręcone są głośniki. Podporę stanowi belka drewniana 3×5 cm także mocowana przy pomocy kleju i wkrętów. Pomiędzy tą belką a tylną ścianą obudowy także znajduje się belka 3×5 cm spinająca razem przednią i tylną część kolumny. Dzięki temu poprawia się sztywność tylnej ściany. Widok wnętrza obudowy z zamontowanymi wzmocnieniami zamieszczono na fotografii 1.

Jedyną nową częścią obudowy jest płyta czołowa. Należy ją wykonać z płyty wiórowej MDF lub ze sklejki o grubości 22 mm. Płytę na wymiar trzeba przyciąć w zakładzie stolarskim, chodzi tu o dokładne zachowanie kątów prostych. Często sklepy z płytami wiórowymi przycinają zakupiony materiał bez pobierania dodatkowych opłat. We własnym zakresie należy tylko wyciąć otwory. Zalecam bardzo dokładne wytrasowanie otworów pod śruby mocujące, tak aby wszystko do siebie idealnie pasowało. Widok płyty czołowej bez głośników przedstawiono na fotografii 2.

Głośnik średniotonowy musi posiadać niewielką obudowę zamkniętą. Obudowa ta zabezpiecza go przed „wydmuchnięciem" membrany przez potężny głośnik niskotonowy. Ponieważ głośnik ten pracuje przy stosunkowo wysokich częstotliwościach gabaryty obudowy nie są krytyczne. Gotową obudowę głośnika średniotonowego można kupić, lecz w oryginale wykonano ją z kawałka rury kanalizacyjnej o średnicy 200 mm i grubości ścianek 2 mm i długości 16 cm. Do jednego końca rury przyklejono kołnierz mocujący a drugi koniec został zamknięty przy pomocy przyklejonego wieczka z tworzywa sztucznego. Osłona przykręcona jest do tylnej strony płyty czołowej. Natomiast wszystkie głośniki przykręcane są od strony przedniej płyty czołowej. Na fotografii 3 pokazano oklejoną wykładziną płytę czołową od strony tylnej z zamontowanymi głośnikami. Głośnik średniotonowy umieszczony jest w obudowie. Na płycie czołowej widać także pierwotny rysunek rozmieszczenia głośników, który został później zmodyfikowany.

W obudowie zastosowano dwa otwory bass-reflex o średnicy tunelu 100 mm i długości 115 mm. Przy tym wyborze opierałem się na wynikach symulacji komputerowych. Dokładną długość dobiera się w trakcie strojenia obudowy, choć w moim przypad-



Rys. 3 Schemat zastępczy głośników: 15 K 200 i 8 M 100 (wartości elementów dla 8 M 100 podano w nawiasach

ku wpływ zmiany długości był praktycznie nieuchwytny.

Obudowa powinna zostać wytłumiona, choć w przypadku bass-refleksów nie stosuje się zbyt dużego tłumienia. Wszyscy zgodnie zalecają empiryczne dobranie poziomu wytłumienia obudowy. W praktyce okazało się, że tłumienie nie wpływa w istotny sposób na brzmienie kolumny. Choć trzeba przyznać, że każda z osób odsłuchujących kolumnę miała na ten temat odmienne zdanie. Przy odsłuchu porównywano dwie identyczne kolumny. W jednej nie umieszczono żadnego wytłumienia. W drugiej zaś wszystkie ścianki pokryto gąbką o grubości 3 cm. Ze względu na brak jednoznacznych ocen zastosowałem rozwiązanie pośrednie polegające na wytłumieniu tylko dolnej połowy kolumny gąbką o grubości 3 cm. Na fotografii 4 przedstawiono obudowę w trakcie oklejania wykładziną, z częściowo założonym wytłumieniem.

Obudowa musi jeszcze zostać wyposażona w gniazdo przyłączeniowe. Przy mocach muzycznych rzędu 600 W można łatwo obliczyć, że prąd płynący przez przewody osiąga wartość szczytową rzędu 12 A a czasami nawet więcej. Z tego względu wskazane jest stosowanie gniazd i wtyków typu SPEACON przeznaczonych do tego celu. Gwarantują one odpowiednią wytrzymałość napięciową i prądową. Zarówno gniazda jak i wtyki posiadają cztery zaciski. W przypadku eksperymentowania ze zwrotnicą można zatem wyprowadzić oddzielne przewody od każdego z głośników i jeden przewód wspólny (masę). Głośnik średniotonowy w takim przypadku powinien być włączony w przeciwnej fazie (plus połączony z masą). Teraz można już przykręcić płytę czołową i zacząć badanie kolumny.

Zwrotnica

Zbudowanie dobrej zwrotnicy okazuje się zadaniem bardzo trudnym i skomplikowanym. Znawcy tematu piszą w swoich książkach lub artykułach, że na konstruktora czyha tu wiele niespodzianek lecz nie podają jakich. Dlatego też polecam zastosowanie zwrotnicy której schemat zamieszczono na rysunku 2.

Po pierwsze wszystkie ładne wzorki i tabelki zakładają milcząco, że impedancja głośnika wynosi 8 lub 4 Ω. W praktyce jednak sytuacja wygląda o wiele gorzej, co doskonale komplikuje życie konstruktorom. Obwód elektryczny głośnika można przedstawić jako szeregowe połączenie rezystancji cewki Re z jej indukcyjnością Le. Do tego dochodzi jednak zachowanie się układu mechanicznego reprezentowane przez równoległy obwód RLC. Jakby tego było mało sama obudowa także oddziałowuje na głośnik dodając do schematu zastępczego kolejny szeregowy obwód RLC. Teraz mamy już pełnię szczęścia, czyli dużą liczbę cewek i kondensatorów które na wszelkie możliwe sposoby tworzą bardzo nieprzyjemne rezonanse.

Na rysunku 3 przedstawiono schemat zastępczy głośnika pracującego bez obudowy, co jest w zasadzie wystarczające dla projektowania zwrotnicy. Wpływ obudowy zaznacza się przede wszystkim w obszarze tonów leżących na dolnym krańcu częstotliwości odtwarzanych przez głośnik.

Elementy schematu zastępczego Re i Le podawane są w danych katalogowych. Natomiast wartości Res, Lces i Cmes można obliczyć w oparciu o parametry Thiele-Small'a:

$$Res = \frac{Cms}{Bl^2}$$

$$Lces = \frac{Mms}{Bl^2}$$

$$Cmes = \frac{Bl^2}{Rms}$$

Co prawda wyniki obliczeń nie dają super dokładności, ale do projektowania zwrotnicy są wystarczająco dokładne. Jeżeli teraz podany na rysunku 3 schemat zastępczy głośnika wprowadzi się do programu analizy obwodów elektronicznych i zażąda wykreślenia charakterystyki impedancji wejściowej głośnika w funkcji częstotliwości powinno otrzymać się krzywą przebiegu impedancji głośnika podawaną przez producenta w danych katalogowych. Krzywa ta posiada maksimum dla rezonansu mechanicznego głośnika określone obwodem Lces, Cmes. Wpływ elementów Res, Lces, Cmes na przebieg krzywej dla częstotliwości leżących powyżej rezonansu jest niewielki lecz może wpływać na zachowanie się zwrotnicy w obszarze podziału.

Dla głośników wysokotonowych bardzo często pomijana jest indukcyjność cewki. Jej wartość jest niewielka i można ją wyliczyć z rezystancji cewki Re impedancji Z, jeżeli ta podana jest dla konkretnej częstotliwości:

$$Z = Re + 2 \cdot \Pi \cdot f \cdot Le$$

Dla głośnika wysokotonowego można przyjąć prostszy schemat zastępczy składający się tylko z szeregowo połączonej rezystancji cewki Re i indukcyjności Le.

Wyznaczone schematy zastępcze pozwalają już na komputerową symulację zwrotnicy. Punktem wyjścia są wartości elementów filtrów podawane w tabelkach dla określonych częstotliwości podziału. Teraz można rozpocząć dobieranie dokładnych wartości elementów zwrotnicy. Jest to generalnie metoda prób i błędów. Z jednej strony należy sprawdzać charakterystyki amplitudowe sygnałów występujących na poszczególnych głośnikach, a dokładniej mówiąc na wejściach ich schematów zastępczych. Z drugiej zaś strony należy po każdej zmianie wartości elementów zwrotnicy sprawdzać moduł impedancji wejściowej. Nie wolno dopuścić do sytuacji, w której dla głośników 8 Ω impedancja wejściowa zwrotnicy dla dowolnej częstotliwości spadnie poniżej 5,5÷6 Ω. Impedancja wejściowa zwrotnicy nie będzie stała w funkcji częstotliwości. Jej przebieg będzie pofalowany i tak niestety musi być. Najważniejsze jest aby impedancja nie malała zbytnio. Duże obniżenia impedancji świadczą o złym dzieleniu częstotliwości pomiędzy gło-

śniki, prowadzą też do dużych strat mocy w samej zwrotnicy i niepotrzebnie obciążają wzmacniacz.

Zabawa z symulacjami pokaże jak trudne jest projektowanie zwrotnicy z rzeczywistymi głośnikami o schematach zastępczych z rysunku 3. Oprócz impedancji, która będzie miała „wredną" tendencję do obniżania się wystąpią problemy z rezonansami. Objawiają się one podbiciami charakterystyki w obszarze podziału. Rezonanse te należy tłumić niewielkimi wartościami rezystorów umieszczanych szeregowo z kondensatorami zwrotnicy, ale tylko w gałęziach łączących je z punktem wspólnym (masą). Tłumienie rezonansów przy pomocy szeregowego rezystora poprawia (zwieksza) impedancję wejściową zwrotnicy w obszarze częstotliwości na której występuje rezonans.

Wtrącanie rezystancji szeregowej (dotyczy to głównie filtru głośnika średniotonowego) nie jest zalecane, choć dopuszczalne). Szeregowa rezystancja powoduje bowiem zmniejszenie efektywności głośnika i pogarsza jego tłumienie elektryczne.

Szeregowo z głośnikiem wysokotonowym można umieścić niewielkiej wartości rezystor powodujący jego stłumienie. Ma to na celu niewielkie wyrównanie charakterystyki częstotliwościowej kolumny. Wszak efektywność głośnika wysokotonowego jest z reguły większa o kilka dB niż pozostałych głośników. Warto jednak zostawić pewien nadmiar tonów wysokich które w trakcie koncertu są silnie tłumione przez publiczność. Znawcy tematu mówią tu o tłumieniu w zakresie częstotliwości powyżej 5 kHz dochodzącym nawet do 6÷10 dB. Generalnie mówiąc kolumny estradowe nie mają równomiernego przebiegu charakterystyki częstotliwościowej. Płaską charakterystykę uzyskuje się dopiero w danym pomieszczeniu korzystając z korektora graficznego. Ten temat zostanie poruszony w odrębnym artykule. Oprócz rezystora głośnik wysokotonowy jako najdelikatniejszy w całym zestawie powinien zostać zabezpieczony. Najprostszym i najtańszym zabezpieczeniem jest tu żarówka halogenowa. Jej zimne włókno posiada niewielką rezystancję 0,1 Ω. Przy przeciążeniu włókno rozgrzewa się i jego rezystancja dość szybko rośnie do wartości ok. 4 Ω zmniejszając tym samym napięcie na głośniku. W normalnych warunkach pracy nieliniowość rezystancji włókna żarówki nie odgrywa żadnej roli.

W symulacjach należy obowiązkowo uwzględniać szeregowe rezystancje cewek indukcyjnych stosowanych w zwrotnicy. Producenci cewek podają je w danych katalogowych.

Częstotliwości podziału w kolumnach jakie są najczęściej stosowane wynikają z mocy i możliwości poszczególnych typów głośników. W kolumnach trójdrożnych głośnik niskotonowy przenosi stosunkowo szerokie pasmo częstotliwości głównie w tym celu aby na niego przypadał jak największy procent mocy. Stąd też w kolumnach trójdrożnych częstotliwość podziału oscyluje w granicach 800÷1000 Hz, zaś w dwudrożnych, jeżeli jest to możliwe przyjmuje się 1,5÷2 kHz. Głośniki niskotonowe, które nie przenoszą pasma do 1,5 kHz są najczęściej przeznaczone tylko do subwooferów. Podział 2 kHz jest dość niekorzystny, gdyż przypada na wysoką czułość ucha, ale od tej częstotliwości pracuje wiele driverów średnio-wysokotonowych.

Podczas projektowania zwrotnicy może okazać się, że dany typ głośnika wyjątkowo nie „chce' podzielić się na założonej częstotliwości. Czasami wystarczy niewielka zmiana częstotliwości podziału, a już wszystko zacznie wychodzić lepiej. Nie mniej symulacje są bardzo pracochłonne osiągnięcie ideału nie jest możliwe.

W literaturze bardzo często podawane są idealizowane przebiegi charakterystyk częstotliwościowych filtrów. W praktyce charakterystyki te są dużo gorsze, o czym przekonałem się mierząc dwie dość dobrej jakości zwrotnice w kolumnach fabrycznych. Na zakończenie mogę tylko dodać, że otrzymane w symulacjach komputerowych wartości elementów zwrotnicy będą musiały jeszcze ulec niewielkim zmianom podczas prób ze zwrotnicą rzeczywistą.

W drugiej części artykułu opiszę zasady pomiarów zwrotnicy i odsłuchu gotowej kolumny. Przedstawiony zostanie także opis monitora służącego muzykom do odsłuchu kontrolnego podczas koncertu.

Ciąg dalszy w następnym numerze.

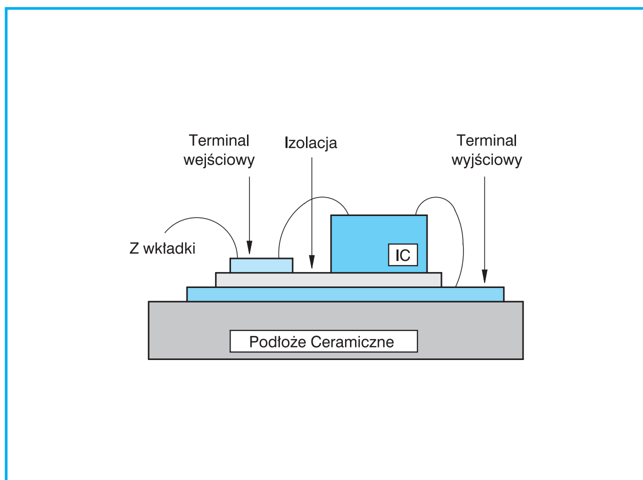
P.P.H.U. ELMUZ & BEYMA PL
ul. Młyńska 11
26-200 Końskie
tel. 41 375-00-22, faks: 41 375-00-20
www.elmuz.com.pl
e-mail: elmuz@pro.onet.pl

Miniaturowy mikrofon elektretowy o podwyższonej czułości

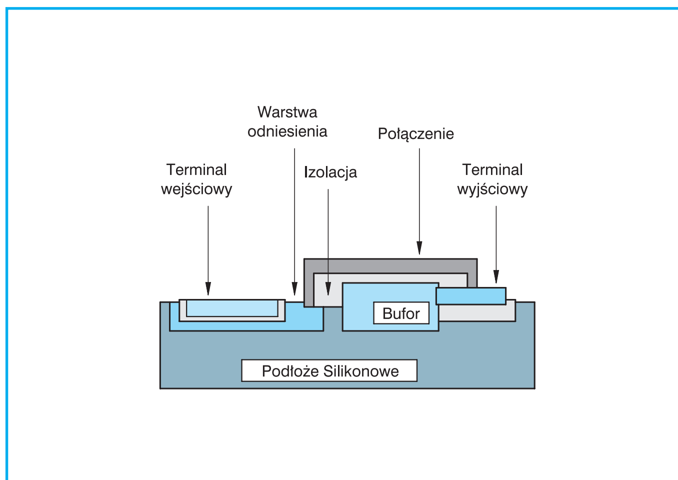
W poniższym artykule zaproponowano nową metodę zwiększenia czułości mikrofonu elektretowego poprzez redukcję jego pojemności pasożytniczej.

Wstęp

Mikrofon elektretowy jest powszechnie stosowany w aparatach słuchowych. Wkładkę takiego mikrofonu można zamodelować jako źródło napięcia o charakterze pojemnościowym, proporcjonalnym do ciśnienia akustycznego. Ponieważ pojemność źródła jest bardzo mała, rzę



Rys. 1 Implementacja Hybrydy



Rys. 2 Implementacja IC

du1 pF, sygnał jest buforowany do wyjścia poprzez zintegrowany wtórnik źródłowy, pracujący przy niskim napięciu zasilania i o niskim poborze prądu (około 30 μA przy 1,3 V). Wyjściowa impedancja bufora wynosi około 5 kΩ, i jest wystarczająco niska, by możliwe było utrzymanie połączenia do wejścia obwodu scalonego przetwarzającego sygnały.

Wejściowa impedancja wtórnika źródłowego jest bardzo wysoka i może być uznana jako obciążenie pojemnościowe wkładki mikrofonowej. Takie obciążenie, wraz z jakąkolwiek pojemnością pasożytniczą odnoszącą się do połączenia pomiędzy buforem a wkładką, posiada ten sam rząd wielkości jak pojemność wkładki, co powoduje stratę czułości o około 6 dB. W małych mikrofonach z małymi wkładkami strata może być jeszcze większa.

Ulepszenie

Strata czułości może być zredukowana poprzez podjęcie działań w celu zmniejszenia obciążenia pojemnościowego wkładki. Takie obciążenie pojemnościowe można podzielić na trzy części, z czego dwie mogą zostać zredukowane za pomocą proponowanej metody. Pierwsza część składa się z pojemności na tablicy obwodów lub na hybrydzie („*hybrid*") na której zamontowany jest bufor; druga część zawiera pojemność pasożytniczą połączeń a trzecią część pojemności można zlokalizować na obwodzie scalonm („*IC*").

Proponowane rozwiązanie zredukowania pojemności pasożytniczej bazuje na pomyśle wysterowania specjalnej warstwy odniesienia otaczającej krytyczny wejściowy terminal napięciem sygnałowym, które jest (prawie) równe sygnałowi wejściowemu. W przypadku bufora możemy po prostu wybrać sygnał wyjściowy do wysterowania tej warstwy. Oryginalna pojemność pasożytnicza teraz zlokalizowana jest poniżej tej specjalnej warstwy i jest teraz sterowania wyjściem, a nie źródłem.

Wdrożenie i pomiary

Dla dwóch części z wymienionych powyżej, wybrano dwie różne metody implementacji. Dla pojemności odnoszącej się do hybrydy, wyjściowy terminal jest izolowany i rozciągnięty pod wejściowym terminalem, a nawet poniżej całego IC. Wdrożenie może więc przyjąć postać, jak na rysunku 1.

Pojemność pasożytnicza na IC przeważnie zlokalizowana jest poniżej pola kontaktowego łączenia przewodów. W tym przypadku sygnał wyjściowy połączony jest z wyizolowaną warstwą poniżej wejściowego pola kontaktowego wiązania. Wdrożenie na IC może wyglądać jak na rysunku 2.

Opisana metoda zmniejsza pojemność pasożytniczą prawie do zera. Całkowita pojemność wejściowa, zawierająca wejście bufora rzeczywistego oraz kabli łączących, zredukowana zostaje o około 50% wartości oryginalnej. Praktyczne wdrożenie pokazało wzrost czułości mikrofonu o około 3 dB, podczas gdy względny wskaźnik szumów nie zmienił się.

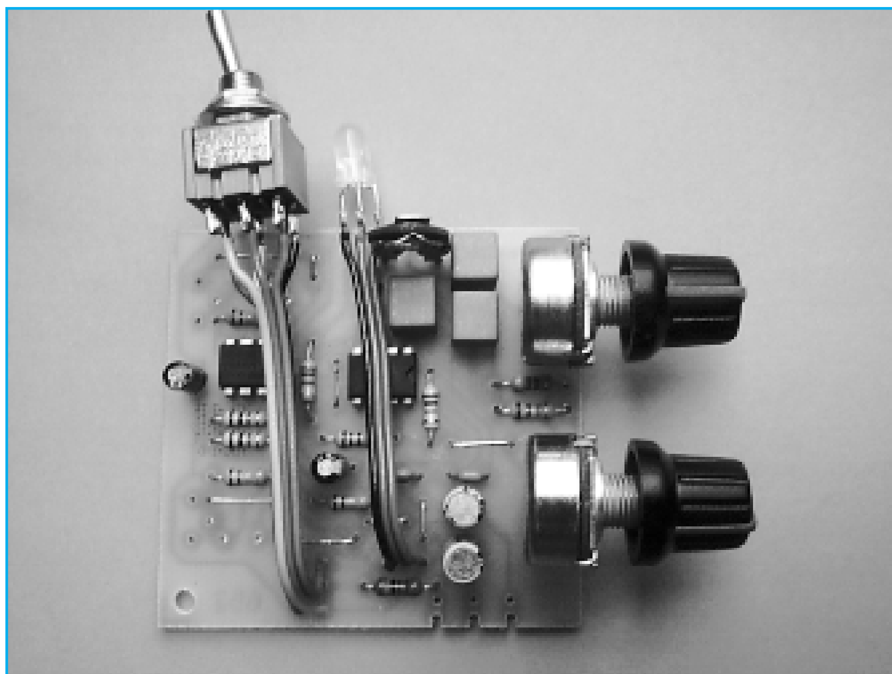
Wnioski

Artykuł ten opisuje nową metodę zwiększenia czułości mikrofonu elektretowego. Metoda ta uzasadniona została pomiarami.

◊ ***Joep Bosch, Ad Lafort, Alwin Fransen, Marcel de Blok, Paul Spaanderman***
Autorzy pracują w firmie SonionMicrotronic Nederland b.v. Amsterdam Holandia

Filtr pasmowy do usuwania sprzężeń akustycznych

Zmorą wszystkich realizatorów koncertów muzycznych wykonywanych na żywo są akustyczne sprzężenia zwrotne. Często na próbach wszystko działa dobrze jednak na koncercie w głośnikach pojawia się gwizd zdający się rozsadzać głowę. Te nieprzyjemne i niezamierzone efekty są skutkiem akustycznego sprzężenia mikrofonu. Stosując specjalne filtry można zmniejszyć groźbę powstawania tych efektów. Przykład takiego filtru prezentuje poniższy artykuł zawierający oprócz tego informacje związane z techniką nagłaśniania.



Jak już napisano we wstępie zmorą wszystkich realizatorów koncertów granych na żywo jest akustyczne sprzężenie zwrotne mikrofonu z kolumnami. Zjawisko to prowadzi do wzbudzania się całego toru akustycznego i powstawania buczenia, gwizdów i świstów. Jest to po prostu zwykły efekt generacji przebiegu sinusoidalnego o określonej częstotliwości. Na rysunku 1 przedstawiono typowe rozmieszczenie sprzętu nagłaśniającego na estradzie. Akustyczne sprzężenie zwrotne powstaje wtedy gdy do mikrofonu dociera sygnał dźwiękowy pochodzący z zestawów głośnikowych. Najczęściej jest to sygnał odbity od ścian pomieszczenia. Docieranie do mikrofonu sygnału z kolumn głośnikowych powoduje zamknięcie pętli sprzężenia zwrotnego drogą akustyczną. Jeżeli teraz zostanie spełniony warunek amplitudy i fazy to cały układ ulegnie wzbudzeniu jak zwykły generator elektroniczny. Oznacza to że poziom sygnału odbieranego przez mikrofon musi być na tyle duży aby wielkość wzmocnienia w całym układzie była większa od jedności. Natomiast faza przebiegu odbieranego także musi mieć taką wartość aby sprzężenie było dodatnie.

Zjawisko sprzężenia akustycznego można bardzo szybko zauważyć zbliżając mikrofon do głośnika. Gorąco jednak odradzam tego typu próby, które mogą doprowadzić do uszkodzenia głośników. Częstotliwość na której powstaje sprzężenie akustyczne zależy od wielu czynników, które bardzo trudno objąć opisem analitycznym. Z reguły jednak większość sprzężeń powstaje w środkowej części pasma akustycznego i z nie występuje poniżej 80 Hz oraz powyżej 8 kHz. W warunkach rzeczywistych występuje wiele częstotliwości na których pojawiają się sprzężenia. Jeżeli zlikwiduje się pierwsze sprzężenie akustyczne, na nieco większej głośności powstaje następne, a po jego zlikwidowaniu kolejne i tak w nieskończoność.

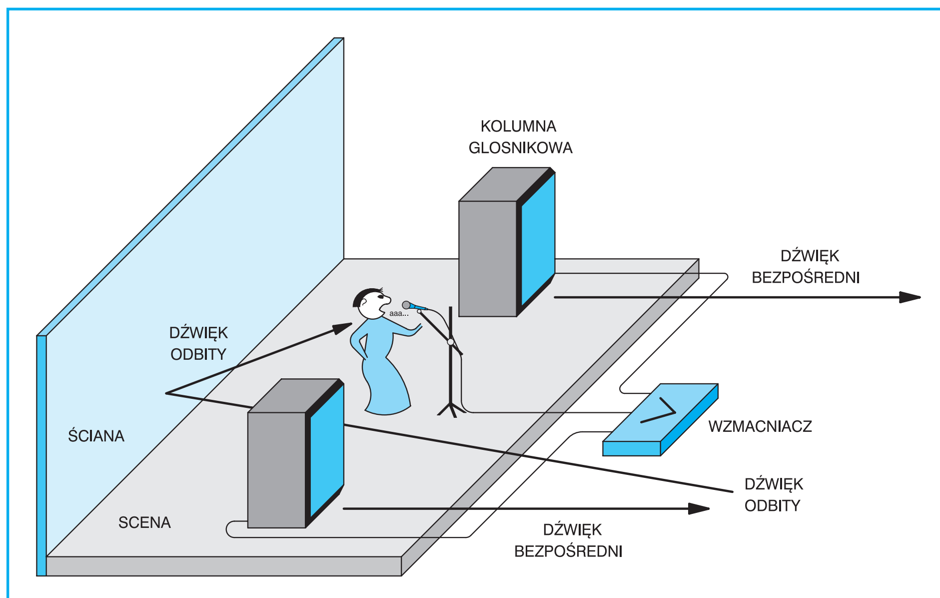
Z tego co dotychczas napisałem wynika, że sprzężenia można zlikwidować obniżając poziom natężenia dźwięku. To proste rozwiązanie nie zawsze jest jednak do przyjęcia, gdyż może okazać się, że na koncercie nie słychać wokalisty. Inną metodą walki ze sprzężeniami jest odpowiednie ustawienie mikrofonu w stosunku do zestawów głośnikowych. Należy zawsze dążyć do jak największej odległości mikrofonu do kolumn. Z drugiej strony mikrofon powinien być ustawiony za linią kolumn lekko z tyłu. Choć czasami okazuje się, że przy dużej odległości pomiędzy kolumnami dobry efekt daje lekkie wysunięcie mikrofonu przed kolumny. Jak widać nie ma tu ścisłych reguł lecz są tylko pewne wskazania.

Kolejnym elementem pozwalającym walczyć z akustycznymi sprzężeniami jest zapewnienie odpowiedniej akustyki sali koncertowej. Sprowadza się ono do jak najlepszego jej wytłumienia. W pomieszczeniu wytłumionym akustycznie powstaje mniej odbić dźwięku i związane z tym ryzyko powstawania odbić które docierają do mikrofonu jest wtedy mniejsze. Szczególnie ważne jest wytłumienie tylnej części sceny, co dość skutecznie zapobiega odbijaniu się dźwięku i jego „wpadaniu" wprost z za pleców wokalisty do mikrofonu.

Jeszcze innym źródłem sprzężeń może być sama scena (estrada). Drgania wytwarzane przez stojące na scenie głośniki przenoszą się mechanicznie przez deski estrady na statyw i powodują powstanie sprzężenia na niskich częstotliwościach poniżej 1 kHz. Drgania estrady mogą także docierać do mikrofonu drogą akustyczną (powietrzną). Wskazane jest zatem ustawienie kolumn poza estradą na innym miejscu, tak aby zminimalizować tą drogę powstawania sprzężenia.

Z reguły natomiast jest przeceniana charakterystyka kierunkowości mikrofonu. Ma ona pewien wpływ na powstawanie sprzężenia akustycznego, lecz jest on niewielki. Oczywiście zakładam, że stosuje się mikrofony kierunkowe np. o charakterystyce kardioidalnej. Lecz zamiana mikrofonu kardioidalnego na superkardioidalny niewiele pomoże.

Jeszcze inną przyczyną powstawania sprzężeń akustycznych, oprócz odbić jest ogólna, wypadkowa charakterystyka częstotliwościowa przenoszenia dźwięku



Rys. 1 Ilustracja powstawania akustycznego sprzężenia zwrotnego

w pomieszczeniu. Niektóre częstotliwości mogą być odtwarzane lepiej, z większym poziomem głośności, a niektóre gorzej. Na częstotliwościach odtwarzanych z większym poziomem głośności można spodziewać się szybszego powstawania sprzężeń. Tak więc przed koncertem wskazane jest dokładne skorygowanie wypadkowej charakterystyki częstotliwościowej odtwarzania w pomieszczeniu.

Mniejsze problemy ze sprzężeniami występują podczas nagłaśniania przestrzeni otwartych. Mimo bardzo dużych mocy zestawów głośnikowych ryzyko powstawania dźwięków odbitych jest dość małe. Równocześnie na tego typu imprezach kolumny znajdują się w znacznym oddaleniu od sceny i są na tyle wysunięte do przodu, że dźwięki bezpośrednie nie docierają do mikrofonów.

Wszystkie powyższe uwagi odnoszą się do warunków statycznych, czyli takich kiedy sprzęt nagłaśniający jest włączony lecz nie ma muzyki ani wokalu. Brak sprzężeń akustycznych w takich warunkach nie oznacza tego, że nie mogą one wystąpić podczas koncertu. Jeżeli margines od granicy wzbudzenia będzie niewielki może okazać się, że w trakcie grania dojdzie do powstania sprzężenia. Mechanizm tego zjawiska jest bardzo prosty. Wystarczy, że jeden z instrumentów zagra głośno taki dźwięk, którego częstotliwość jest bliska częstotliwości potencjalnego sprzężenia akustycznego. Wtedy mikrofon odbierze ten głośny dźwięk, wzmacniacz go wzmocni a głośniki wyemitują i sprzężenie jest gotowe. Dlatego też nie wystarczy sprawdzanie sprzężeń przy braku muzyki.

Oprócz opisanych wcześniej sposobów zapobiegania powstawaniu sprzężeń najistotniejsze jest zapewnienie minimalnej odległości mikrofonu od źródła dźwięku (ust wokalisty). Dwukrotne zmniejszenie odległości powoduje czterokrotny wzrost poziomu natężenia dźwięku bezpośredniego odbieranego przez mikrofon co pozwala na czterokrotne zmniejszenie wzmocnienia w torze elektroakustycznym tym samym odległość od granicy sprzężenia wzrasta o 12 dB. Jest to klasyczne prawo odwrotnych kwadratów. Tak samo dwukrotne zwiększenie odległości mikrofonu od źródła dźwięku powodującego sprzężenie zwiększa zapas o 12 dB. Ta druga możliwość jest jednak silnie ograniczona, gdyż często natężenie dźwięków odbitych ma w przybliżeniu stały rozkład przestrzenny i przemieszczanie się z mikrofonem na estradzie nie przynosi zadowalających efektów.

Zbliżanie mikrofonu do ust wykonawcy powoduje jednak pogorszenie jakości dźwięku. Mogą wtedy występować „pukania" na spółgłoskach „b", „d", „p" i „t", oraz szelesty na spółgłoskach „sz", „cz" i świsty na spółgłosce „ś". Pisałem o tym w poprzednim numerze PE.

Kolejnym czynnikiem powstawania sprzężeń jest liczba otwartych czyli włączonych w tor mikrofonów. Im więcej mikrofonów jest czynnych tym łatwiej powstają sprzężenia. Pomocne są tu automatyczne miksery włączające mikrofony tylko na czas występu wokalisty. Oczywiście automat może zastąpić realizator dźwięku uważnie śledzący to co dzieje się na estradzie i wyłączający w mikserze niewykorzystywane tory mikrofonowe. Generalnie można przyjąć, że dwukrotne zwiększenie liczby otwartych mikrofonów zmniejsza odstęp od granicy sprzężenia akustycznego o ok. 3 dB, choć i tu nie ma ścisłej reguły.

Pierwszym objawem bliskości powstania sprzężenia akustycznego jest nienaturalne brzmienie głosu. Pojawia się wtedy wyraźny pogłos lub przedłużanie niektórych tonów lub głosek wymawianych przez wokalistę. Warto też zawsze sprawdzać tor przy maksymalnej do przyjęcia głośności zarówno tej ustawionej na mikserze jak i maksymalnej głośności wokalisty oraz pozostałych muzyków. Wszystkie próby ustawienia sprzętu i eliminacji sprzężeń są długie, żmudne i wymagają wprawy oraz doświadczenia.

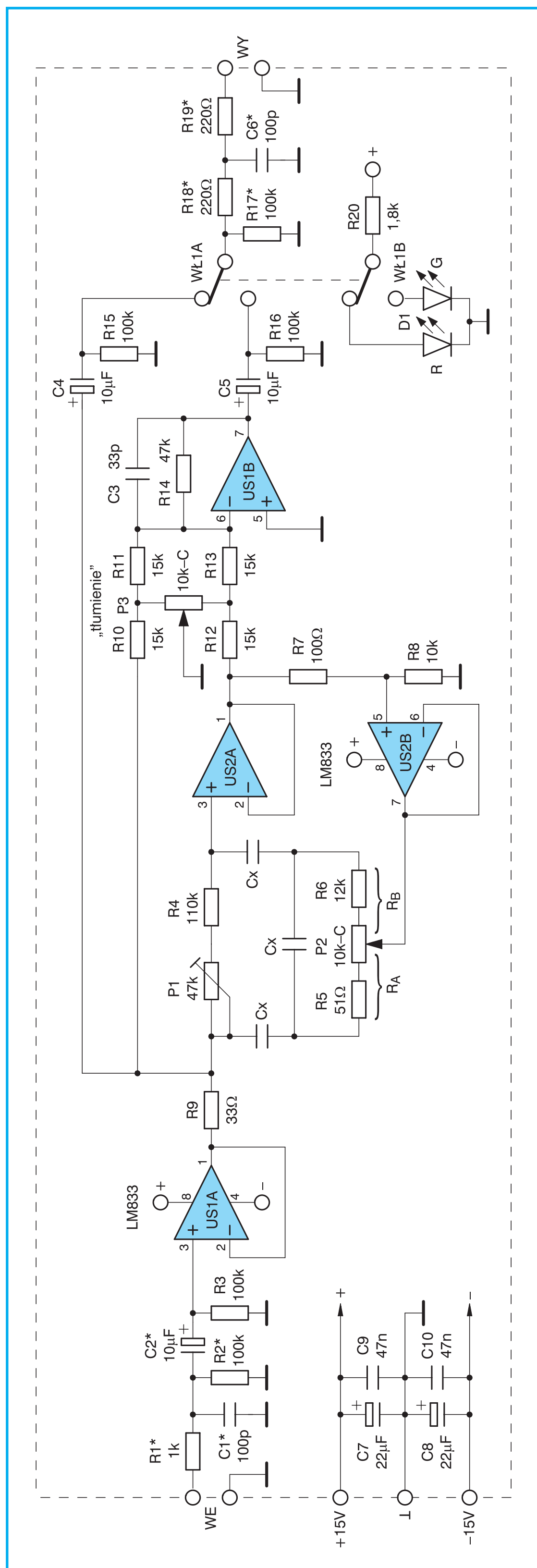
Na sam koniec powyższych uwag koniecznie jeszcze trzeba powiedzieć, że **nie istnieje** taki typ mikrofonu, który zapobiega sprzężeniom akustycznym. Twierdzenie z jakim stykałem się wielokrotnie o cudownych mikrofonach jest zwykłą bujdą. Niedowiarków odsyłam do literatury fachowej, zwłaszcza zaś do informacji podawanych przez renomowanych producentów mikrofonów. Każdy z nich pisze tłustymi i dużymi literami, że mikrofonów „bezsprzężeniowych" nie ma i nigdy nie będzie, co wynika z samego zjawiska sprzężenia.

Jeżeli wszystkie opisane wcześniej sposoby zapobiegania sprzężeniom akustycznym zawiodą pozostaje tylko brutalna ingerencja w tor foniczny, a właściwie w jego charakterystykę częstotliwościową. Ingerencja polega na selektywnym wycinaniu częstotliwości na których powstają sprzężenia akustyczne. Bardzo często do tego celu wykorzystywane są korektory graficzne. Wadą tego typu postępowania jest jednak dość szeroki zakres wycinanych częstotliwości, który w zasadniczy sposób wpływa na brzmienie głosu wykonawcy. Drugą wadą jest niewielki zakres zwiększenia marginesu wysterowania od granicy sprzężenia. Zastosowaniem korektorów i metodyką postępowania zajmę się w przyszłym numerze PE.

Innym sposobem wycinania częstotliwości sprzężeń jest stosowanie specjalnych wąskopasmowych filtrów. Taki filtr będzie opisany w dalszej części artykułu.

Za zasady generacji drgań wynika, że pojedyncze sprzężenie powstaje na jednej ściśle określonej częstotliwości. Jeżeli nie dochodzi do przesterowania elektrycznego toru akustycznego, to generowany przebieg ma kształt czystej sinusoidy. Przy wielokrotnym sprzężeniu pojawia się kilka sinusoid dla poszczególnych częstotliwości sprzężeń. Zatem z widma sygnału wystarczy wyciąć tylko te częstotliwości na których pojawiają się sprzężenia. Z praktyki wynika, że wycięcie trzech różnych częstotliwości na których powstają pierwsze sprzężenia poprawia zakres dynamiki o ok. 10 dB, maksymalnie 16 dB i nie wpływa w sposób istotny na brzmienie wokalu. Choć wprawne ucho może już wychwycić pewne zniekształcenia głosu polegające na lekkiej zmianie barwy i powstaniu trudnych do opisania zjawisk przeciągania spółgłosek oraz dodatkowych szelestów. Godzina lub dwie zabawy z filtrami wycinającymi pozwoli zapoznać się odsłuchowo z ich wpływem na wokal. Niestety metoda ta jest obusieczna lecz mimo wszystko jest jedną ze skuteczniejszych i godną polecenia.

Można nadmienić, że produkowane są układy automatycznie strojonych filtrów samoczynnie eliminujących sprzężenia akustyczne. Są to jednak urządzenia dość skomplikowane i trudne w budowie amatorskiej. Ich zaletą jest łatwość obsługi i szybkość reakcji na powstawanie sprzężeń, zwłaszcza gdy mikrofon wraz z wykonawcą znajduje się w ruchu. Istotną wadą jest ryzyko, że automatyka najzwyczajniej w świecie „pogubi” się co doprowadzi do niesamowitych gwizdów i świstów, grożących uszkodzeniem głośników.



Rys. 2 Schemat ideowy pojedynczego, strojonego filtru zaporowego

Opis układu

Schemat ideowy pojedynczego, strojonego filtru zaporowego przedstawiono na rysunku 2. Na wejściu układu znajduje się klasyczny filtr dolnoprzepustowy eliminujący częstotliwości radiowe, jakie mogą przeniknąć przez okablowanie. Dalej występuje wtórnik napięciowy US1A zapewniający małą impedancję wyjściową niezbędną do prawidłowej pracy zasadniczego filtru w skład którego wchodzą elementy P1, R4, Cx, R5, P2, R6.

Topologia, czyli połączenie elementów, tego układu jest dość rzadko spotykana. Filtr ten ma charakterystykę częstotliwościową identyczną z charakterystykami filtrów podwójne T lub Wiena. Jednak jego wielką zaletą jest łatwość strojenia przy pomocy pojedynczego potencjometru. Warunkiem uzyskania wąskiego pasma jest jak jednakowa wartość pojemności trzech kondensatorów Cx. Względna tolerancja pojemności nie powinna przekraczać 2,5% (w najgorszym wypadku dopuszczalne jest 5%). Oprócz tego suma rezystancji potencjometru P1 i rezystora R4 musi być dokładnie sześć razy wieksza od sumy rezystancji rezystorów R5, R6 i potencjometru strojącego częstotliwość środkową P2. W praktyce rozrzut wykonania potencjometrów wynosi 20%. Obranie wartości sześciokrotnie większej w górnej gałęzi filtru jest bardzo proste – wystarczy tu zwykły potencjometr montażowy P1.

Przy spełnieniu powyższych warunków częstotliwość środkowa filtru opisana jest wzorem:

$$f_{śr} = \frac{1}{2 \cdot \Pi \cdot Cx \cdot \sqrt{3 \cdot R_A \cdot R_B}}$$

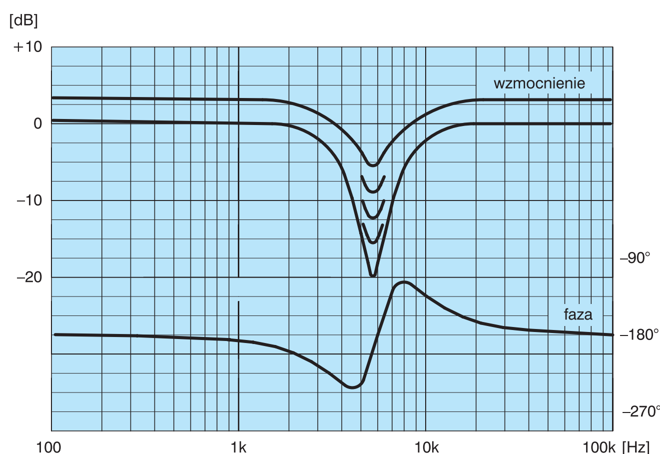
gdzie:

Cx – wartość pojemności kondensatora w Faradach;

R_A – wartość rezystancji w dolnej, lewej gałęzi filtru w Ω;

R_B – wartość rezystancji w dolnej, prawej gałęzi filtru w Ω.

Z powyższego wzoru wynika, że filtr jest strojony symetrycznie, czyli wartość jednej gałęzi musi być większa od wartości drugiej gałęzi aby taka sama częstotliwość środkowa nie występowała dla dwóch różnych położeń potencjometru strojącego P2. Powyższy wzór informuje także o tym, że charakterystyka regulacji częstotliwości środkowej jest silnie nieliniowa i wymaga stosowania potencjometru o charakterystyce wykładniczej typu „C”. Dla podanych na schemacie wartości elementów uzyskuje się zakres przestrajania obejmujący jedną dekadę częstotliwości. Zatem najmniejsza częstotliwość środkowa będzie co najmniej dziesięciokrotnie mniejsza od częstotliwo-



Rys. 3 Wypadkowe charakterystyki tłumienia filtru dla jednej częstotliwości środkowej

ści najwyższej.

Przedstawiony filtr charakteryzuje się dużą wartością pojemnościowej składowej impedancji wejściowej. Sprawia, to że wtórnik napięciowy US1A pracuje na obciążenie pojemnościowe, które wybitnie nie jest „lubiane" przez wzmacniacze operacyjne. Stąd konieczność stosowania niewielkiego rezystora szeregowego R21, który zapobiega podwzbudzaniu się wtórnika US1A.

Charakterystyka filtru może zostać zawężona, co odpowiada zwiększeniu dobroci, przez bootstrapowanie układu. Bootstrapowanie polega na doprowadzeniu do suwaka potencjometru P2 części sygnału wyjściowego. Układ bootstrapujący składa się z dzielnika R7, R8 i wtórnika napięciowego US2B. Im większa część napięcia wyjściowego zostanie doprowadzona do suwaka potencjometru, tym przebieg charakterystyki wykazuje węższe pasmo wycinanych częstotliwości. Zawężanie charakterystyki powoduje jednak zmniejszenie tłumienia dla częstotliwości środkowej. Dla podanych wartości elementów wynosi ono ok. 20 do 30 dB dla różnych położeń suwaka potencjometru P2. Wielkość wnoszonego przez filtr tłumienia do opisywanych zastosowań jest w zupełności wystarczająca.

Tłumienie wnoszone przez filtr może być regulowane przy pomocy potencjometru P3, który umieszczony jest w układzie sumatora sygnałów bez korekcji i z korekcją. Także tu zastosowano potencjometr o charakterystyce wykładniczej typu „C". W ten sposób osiągnięto płynną, zbliżoną do logarytmicznej, regulację tłumienia częstotliwości środkowej filtru w zakresie od 0 dB do –20÷26 dB. Wypadkowe charakterystyki filtru różnych wartości tłumienia przedstawiono na rysunku 3.

Na rysunku 3 zamieszczono także przebieg charakterystyki fazowej filtru. Sam filtr w obrębie pasma przepustowego nie odwraca fazy sygnału. Odwrócenie następuje na wzmacniaczu sumującym US1B. Zafalowanie charakterystyki fazowej pojawia się tylko w pobliżu częstotliwości środkowej. Jest ono głównym źródłem wnoszonych przez filtr modyfikacji brzmienia głosu.

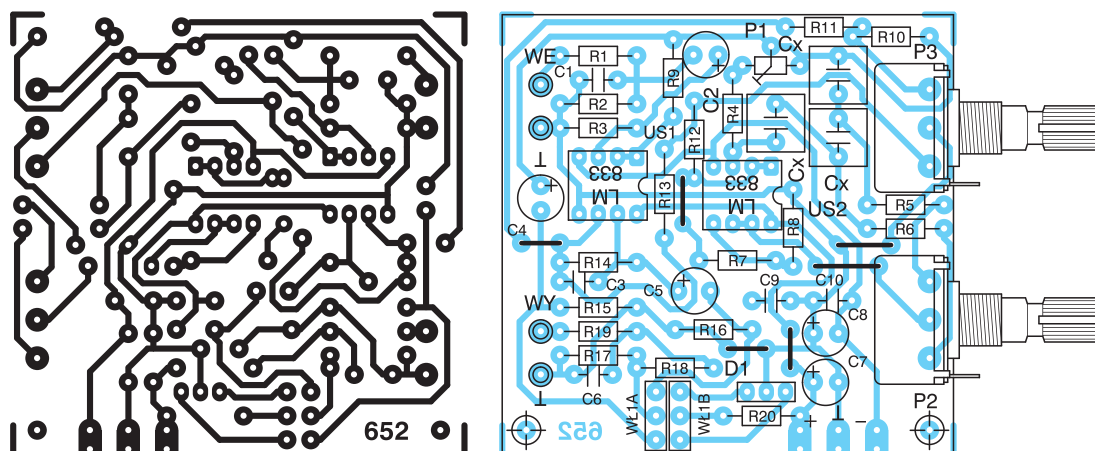
Z układem sumatora US1A znajduje się przełącznik WŁ1 umożliwiający wyłączenie filtru, doprowadzając tym samym niezmodyfikowany sygnał do wyjścia układu. Stan włącznika sygnalizuje dwukolorowa dioda LED D1. Kolor czerwony zarezerwowano dla filtru wyłączonego, zaś zielony dla filtru włączonego.

Aby układ był przydatny konieczne jest szeregowe połączenie co najmniej dwóch takich filtrów obejmujących zakres częstotliwości od 80 Hz do 8 Hz. Lepszym rozwiązaniem jest zastosowanie trzech filtrów z których jeden pokrywa częściowo zakresy dwóch pozostałych. Taki układ podyktowany jest tym, że na średnich częstotliwościach akustycznych powstaję najwięcej sprzężeń.

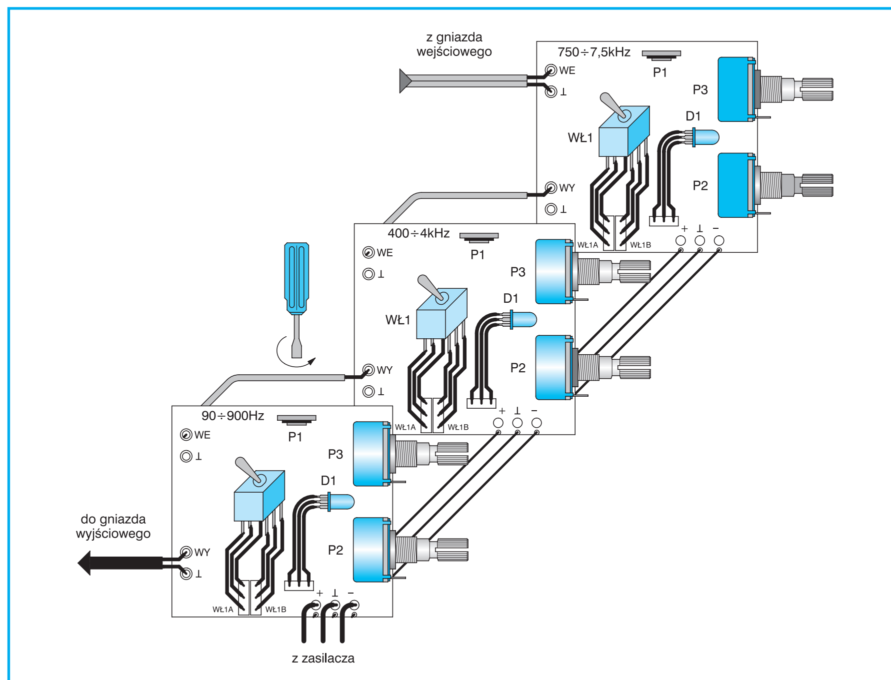
Zakres pracy filtru można wybierać dowolnie w oparciu o podany powyżej wzór. Polecam wyłącznie zmienianie wartości kondensatorów Cx. W takim wypadku zakres przestrajania pozostanie niezmienny i będzie obejmował jedną dekadę z niewielkim nadmiarem. Poniżej w Tabeli 1 zamieszczono wartości kondensatorów Cx dla zalecanych zakresów przestrajania filtrów.

Tabela 1

Cx	f_{min}	f_{max}
[nF]	[Hz]	[Hz]
100	90	900
15	400	4.000
12	750	7.500



Rys. 4 Płytka drukowana i rozmieszczenie elementów



Rys. 5 Szeregowe połączenie filtrów

Montaż i uruchomienie

Jak już na wstępie powiedziano dla prawidłowej pracy filtru konieczne jest aby kondensatory Cx miały jak najbardziej zbliżone do siebie pojemności. Mniej ważna jest bezwzględna wartość pojemności liczy się natomiast wartość względna. Można tu wykorzystać miernik pojemności przy pomocy którego wybiera się trzy kondensatory o zbliżonej do siebie pojemności. Mimo dużego błędu bezwzględnego jaki charakteryzuje większość prostych mierników pojemności umożliwiają one pomiar względny na poziomie 1÷2%.

Za wyjątkiem wyłącznika WŁ1 i diody D1 pozostałe elementy znajdują się na płytce drukowanej. Po zamontowaniu wszystkich elementów należy przylutować przełącznik WŁ1 i diodę D1 na krótkich przewodach, tak jak pokazano to na rysunku 5 i uruchomić każdy z filtrów oddzielnie. Podczas uruchamiania filtru do jego wejścia doprowadza się sygnał sinusoidalny o poziomie 0,775 V (wartość skuteczna) z generatora sygnałowego. Potencjometr P2 ustawia się w skrajnym lewym położeniu, co odpowiada najniższej częstotliwości środkowej filtru, zaś potencjometr P3 w prawym skrajnym położeniu przy którym występuje największe tłumienie w paśmie zaporowym. Filtr powinien być włączony przy pomocy przełącznika WŁ1. Amplitudę sygnału na wyjściu filtru mierzy się oscyloskopem lub miernikiem napięcia zmiennego, który pracuje poprawnie w zakresie częstotliwości akustycznych. Nie nadaje się do tego celu większość uniwersalnych mierników cyfrowych.

Następnie należy zmieniać częstotliwość sygnału z generatora aż do osiągnięcia minimalnej wartości napięcia wyjściowego. Teraz kręcąc delikatnie potencjometrem P1 doprowadza się do jeszcze większego spadku amplitudy sygnału na wyjściu filtru. Po osiągnięciu tego stanu należy delikatnie zmienić częstotliwość generatora tak aby uzyskać dalszy spadek amplitudy sygnału wyjściowego i ponownie kręcąc potencjometrem P1 dąży się do jeszcze większego obniżenia amplitudy. Czynności te należy powtórzyć kilka razy, gdyż zmiana ustawienia P1 powoduje zmianę częstotliwości środkowej filtru. Jeżeli uzyska się stłumienie sygnału wynoszące 26 dB (20 razy) proces strojenia można uznać za zakończony. Pozostaje teraz sprawdzić wielkość tłumienia sygnału dla innych częstotliwości środkowych. W całym zakresie częstotliwości pracy filtru wartość tłumienia sygnału powinna osiągnąć co najmniej 20 dB (10 razy). Jeżeli nie uda się tego osiągnąć należy ponownie powtórzyć procedurę strojenia. Zbyt małe tłumienie może też być spowodowane różnicami pojemności kondensatorów Cx.

Na koniec pozostaje sprawdzenie zakresu przestrajania filtru. Skręcając potencjometr P2 w lewo do oporu sprawdza się przy pomocy generatora częstotliwość, przy której występuje największe tłumienie. Następnie potencjometr P2 skręca się w prawo do oporu i sprawdza maksymalną częstotliwość górną. Różnica częstotliwości powinna wynosić co najmniej dziesięć razy.

Uruchomione filtry można połączyć szeregowo tak jak pokazano to na rysunku 5. Po lewej stronie umieszcza się filtr o najniższych częstotliwościach zaś po prawej filtr o najwyższych. Sygnał doprowadza się do filtru prawego, zaś odbiera się z filtru lewego. Zasilanie łączy się szeregowo, doprowadzając przewody z zasilacza do lewej płytki filtru.

Połączenia sygnałowe pomiędzy płytkami można prowadzić zwykłym odcinkiem pojedynczego przewodu. Przy połączeniach pomiędzy płytkami nie prowadzi się przewodów masy (rys. 5).

Ponieważ układy są połączone szeregowo nie ma potrzeby montować na wszystkich płytkach elementów przeciwzakłóceniowych. Zatem na płytkach lewej i środkowej (rys. 5) nie montuje się elementów R1, R2, C1 i C2. W miejsce R1 i C2 należy wmontować zwory.

Z tych samych względów na płytkach środkowej i prawej (rys. 5) nie montuje się elementów R17, R18, R19 i C6. W miejsce R18 i R19 należy wmontować zwory.

Dwa komplety składające się z trzech filtrów każdy mieszczą się w plastikowej obudowie ZXV, w której na tylnej ściance można zamontować zasilacz stabilizowany. Układ pobiera prąd nie przekraczający 25 mA na jeden filtr. Także układ elementów odbiega nieco od zdjęcia na wstępie artykułu ze względu na wprowadzone później zmiany układowe.

Połączenia zespołu filtrów z torem elektroakustycznym

Zespół filtrów można włączyć w tor elektroakustyczny na kilka sposobów. Schematy takich połączeń przedstawiono na rysunku 7.

Pierwszy rysunek 7a ukazuje klasyczne podłączenie tego typu urządzenia do *Insertu* kanałowego. *Insert* kanałowy jest to dodatkowe wyjście i wejście we wzmacniaczu kanałowym. Pozwala ono na przerwanie biegu sygnału w torze, wyprowadzenie go na zewnątrz a następnie ponowne wprowadzenie do toru. Najczęściej to wejście/wyjście wyprowadzone jest w po-

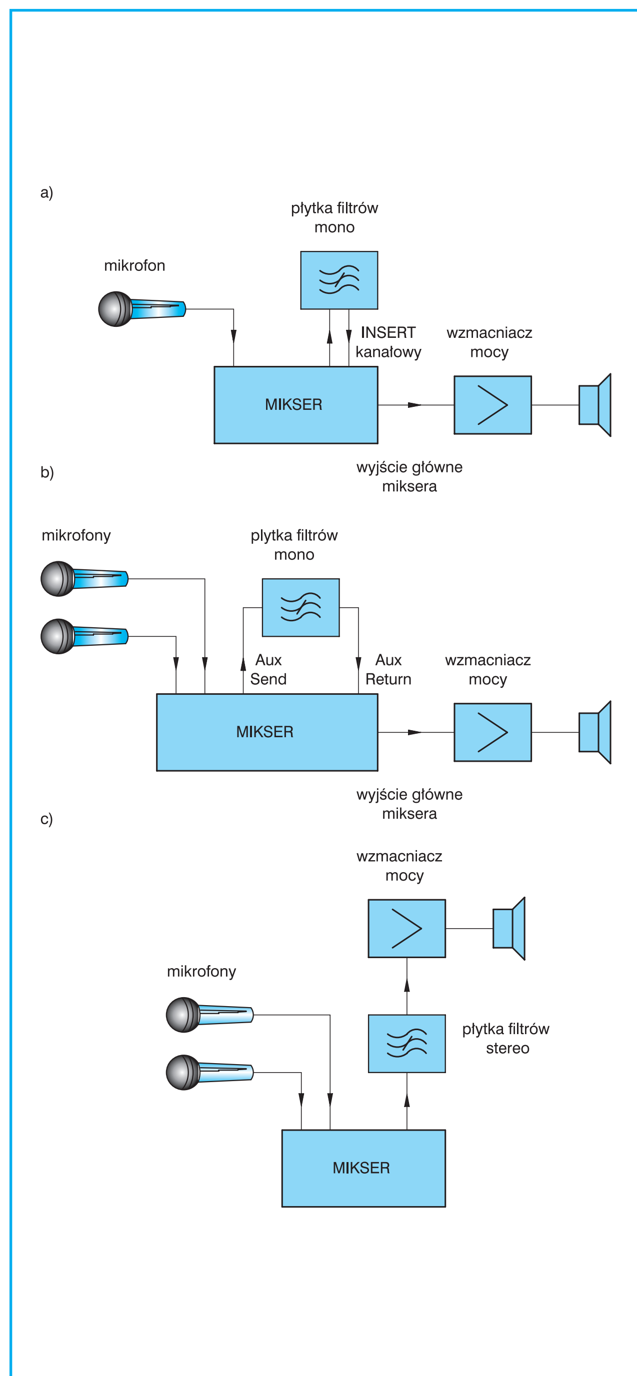
staci gniazda JACK, w którym wykorzystano styki rozwierane przy pomocy wtyku JACK. Jeżeli do gniazda nie jest włożony wtyk wtedy styki są ze sobą zwarte i sygnał przechodzi do dalszych części wzmacniacza kanałowego. W chwili włożenia wtyczki obwód zostaje przerwany, włączając szeregowo dodatkowe urządzenie. *Inserty* umieszczane są za regulacją barwy dźwieku, a przed regulacją panoramy, poziomu wyjściowego i przed wyjściami AUX.

Tego typu rozwiązanie jest najlepsze, gdyż filtry włączone są oddzielnie dla każdego mikrofonu. Liczba zespołów filtrów musi być równa w takim przypadku liczbie mikrofonów podłączonych do wejść miksera. Daje to możliwość usuwania sprzężeń dla każdego mikrofonu oddzielnie, zachowując pełną funkcjonalność stołu mikserskiego. Połączenie wykonuje się kablem stereofonicznym.

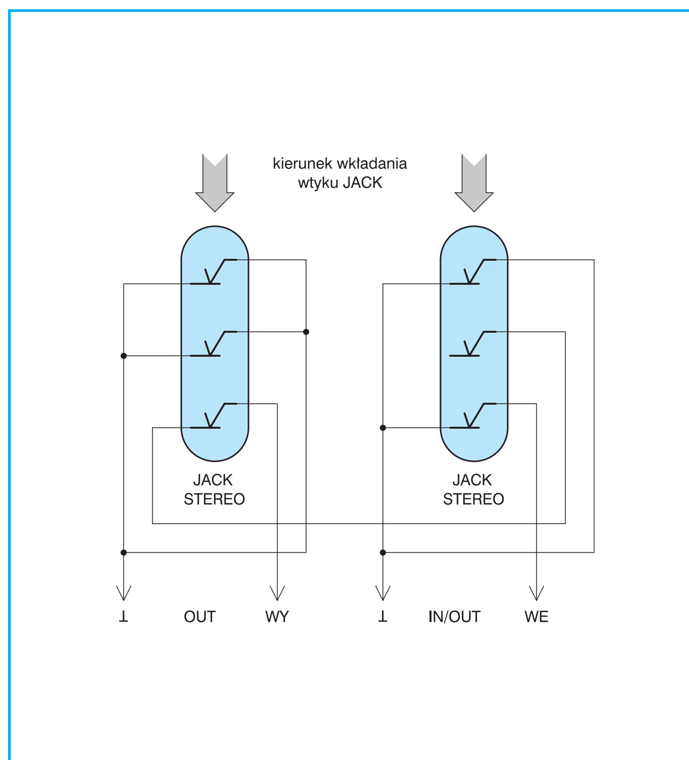
Drugim dość dobrym rozwiązaniem (rys. 7b) jest włączenie filtrów w układ wyjść i wejść AUX (*SEND* i *RETURN*). W tym przypadku sygnał doprowadzany do filtrów jest sumą sygnałów ze wszystkich mikrofonów. Wystarczy jeden zespół filtrów na wszystkie mikrofony, co jest zaletą tego rozwiązania. Połączenie to jest możliwe jeżeli mikser posiada możliwość odłączenia od szyny sumatora wyjść wzmacniaczy kanałowych, tak aby sygnał przed filtrami nie był doprowadzany do układu sumy. Połączenie wykonuje się wtedy dwoma kablami monofonicznymi.

Wadą tego rozwiązania jest konieczność regulowania poziomu sygnału z poszczególnych mikrofonów przy pomocy potencjometrów obrotowych AUX, chyba że we wzmacniaczu kanałowym istnieje możliwość przełączenia wyjść AUX na regulację PF (*Post Fade*), czyli za suwakowym regulatorem poziomu sygnału wyjściowego. Sytuacja komplikuje się jeszcze bardziej w przypadku stosowania w torach mikrofonowych pogłosu, lub innych urządzeń do efektów, co znacznie ogranicza możliwości funkcjonalne miksera.

Trzecie rozwiązanie (rys. 7c) jest najgorsze i raczej nie polecam jego stosowania. Filtry w takim przypadku włączone są szeregowo za mikserem. Powoduje to, że filtracji zostaje poddany kompletny sygnał akustyczny, pochodzący zarówno z mikrofonów jak i z innych źródeł dźwięku. W zasadzie pracy filtrów nie słychać na nagraniach muzycznych. Jednak wprawne ucho, a takie powinien posiadać realizator, zauważy, że coś z brzmieniem muzyki jest nie tak. Może się nawet zdarzyć, że filtr będzie ustawiony na wycinanie jednego z tonów grających instrumentów. Wyobraźmy sobie brzmienie gitary bez tonu „a” (440 Hz). Jedyną zaletą tego podłączenia jest jego uniwersalność, tzn. można je za-



Rys. 7 Podłączenie zespołu filtrów do toru elektroakustycznego



Rys. 8 Podłączenie gniazd wyjściowych i wejściowych zespołu filtrów

stosować w każdym torze fonicznym.

W związku z dwoma głównymi możliwościami podłączenia filtrów do toru elektroakustycznego gniazda wyjściowe i wejściowe muszą być połączone tak jak pokazano to na rysunku 8. Gniazdo oznaczone jako IN/OUT służy z jednej strony jako gniazdo wejściowe, a z drugiej daje możliwość wejścia i wyjścia sygnału kablem stereofonicznym w przypadku podłączenia filtrów do *Insertu* kanałowego. Wtyk JACK, po włożeniu do gniazda, łączy się ze stykami w kształcie litery V. Natomiast styki poziome zostają w tej sytuacji odłączone.

Eksploatacja zestawu filtrów

Po podłączeniu filtrów do toru elektroakustycznego należy je wyłączyć przełącznikami WŁ1 i zabrać się za ustawianie barwy dźwięku, pogłosu i innych elementów związanych z torami mikrofonowymi. Wszystkie te czynności przeprowadza się przy wypadkowej głośności, która gwarantuje brak powstawania sprzężeń akustycznych.

Następnie w warunkach statycznych, czyli przy otwartym jednym mikrofonie w przypadku stosowania *Insertów*, lub wszystkich mikrofonach zwiększa się bardzo wolno głośność suwakami sumy doprowadzając do powstania sprzężenia. Sprzężenie należy kontrolować przez cały czas trzymając rękę na suwakach sumy. Na podstawie wysokości tonu sprzężenia, ocenianego odsłuchowo, wybiera się odpowiedni filtr i włącza go ustawiając drugą ręką (pierwsza cały czas kontroluje sprzężenie) maksymalne tłumienie. Teraz powoli kręcąc strojeniem filtru należy doprowadzić do zaniku sprzężenia. Jeżeli się to uda to można delikatnie zwiększać poziom sygnału suwakami sumy i w przypadku pojawienia się tego samego tonu sprzężenia skorygować ustawienie filtru.

W dalszej kolejności zwiększa się jeszcze bardziej głośność doprowadzając do drugiego sprzężenia na innej częstotliwości i ponownie eliminując je jednak tym razem przy pomocy innego filtru (ustawiony poprzednio filtr zostawiamy w spokoju). Podobnie postępuje się z trzecim sprzężeniem. Może okazać się że trzeciego sprzężenia nie da się uniknąć gdyż jego częstotliwość przypada na filtry już wcześniej ustawione. Wtedy mówi się trudno, zawsze można zbudować filtr zawierający cztery sekcje (zdublowane są wtedy sekcje środkowe – 0,4÷4 kHz).

Po zestrojeniu układu obniża się głośność i wyłącza filtry. Następnie powoli zwiększając głośność doprowadza się do powstania sprzężenia i włącza odpowiedni filtr. Sprzężenie powinno zniknąć od razu. W ten sposób można sprawdzić poprawność dostrojenia. Teraz przy maksymalnej głośności, przy której nie występują jeszcze kolejne, wyższe niż trzecie, sprzężenia akustyczne można delikatnie zmniejszać tłumienie wnoszone przez filtry. Gdy sprzężenie pojawi się należy zwiększyć tłumienie o ok. 4÷8 dB i cała procedura jest zakończona. Pozostaje jeszcze sprawdzić skuteczność wycinania sprzężeń podczas grania muzyki.

Regulacje filtrów muszą być prowadzone bardzo delikatnie i z dużym wyczuciem. Na początku problem może stanowić określenie częstotliwości sprzężenia, pomocny w takich przypadkach jest profesjonalny analizator widma z podziałem tercjowym, który bezbłędnie pokaże częstotliwość na której występuje sprzężenie.

Druga uwaga dotyczy kontrolowania sprzężenia. W przypadku wzbudzania się układu należy delikatnie ujmować głośność tak aby sprzężenie nie narastało. Pomocny do tego będzie miernik wysterowania, który pokaże już pierwsze objawy sprzężenia. Nie wolno pod żadnym pozorem doprowadzać do nadmiernej głośności sprzężenia, gdyż można w ten sposób uszkodzić głośniki.

Trzecia uwaga dotyczy samego koncertu. Jeżeli podczas koncertu pojawi się sprzężenie nie wolno kręcić strojeniem filtrów, gdyż można wpaść z deszczu pod rynnę. Jedynie można spróbować zwiększyć tłumienie filtrów. Jeżeli to nie pomoże należy zdjąć nieco sumy lub obniżyć poziom sygnału z mikrofonów.

Wszystkie opisane powyżej czynności wymagają pewnej wprawy i wyczucia. Dlatego też przed koncertem gorąco polecam kilka godzin!! prób i testów, tak aby dokładnie wypraktykować działanie, skuteczność i możliwości filtrów.

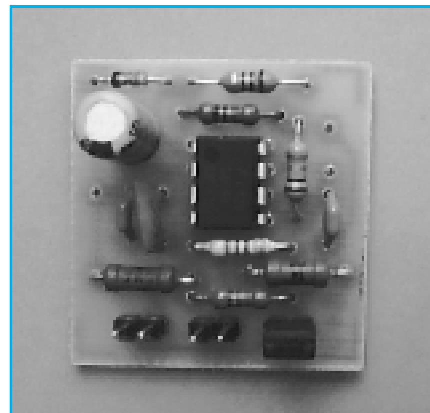
Wykaz elementów:

Półprzewodniki	
US1, US2	– LM 833 (NE 5532)
D1	– LED dwukolorowy
Rezystory	
R9	– 33 Ω/0,125 W
R5	– 51 Ω/0,125 W
R7	– 100 Ω/0,125 W
R18*, R19*	– 220 Ω/0,125 W
R1*	– 1 kΩ/0,125 W, patrz opis w tekście
R20	– 1,8 kΩ/0,25 W
R8	– 10 kΩ/0,125 W
R6	– 12 kΩ/0,125 W
R10÷R13	– 15 kΩ/0,125 W
R14	– 47 kΩ/0,125 W
R2*, R17*	– 100 kΩ/0,125 W patrz opis w tekście
R3, R15, R16	– 100 kΩ/0,125 W
R4	– 110 kΩ/0,125 W
P1	– 47 kΩ TVP 1232
P2, P3	– 10 kΩ-C RV16LN(PH) 15KQ
Kondensatory	
C3	– 33 pF/50 V
C1*, C6*	– 100 pF/50 V ceramiczny, patrz opis w tekście
C9, C10	– 47 nF/50 V ceramiczny
C2, C4, C5	– 10 μF/25 V
C3	– 33 pF/50 V
C1*, C6*	– 100 pF/50 V ceramiczny, patrz opis w tekście
C9, C10	– 47 nF/50 V ceramiczny
C2, C4, C5	– 10 μF/25 V
Inne	
WŁ1	– przełącznik dźwigienkowy dwusekcyjny
G1÷G4	– gniazda JACK 6,3 mm stereo
płytka drukowana numer 652	

Płytki drukowane wysyłane są za zaliczeniem pocztowym. Płytki można zamawiać w redakcji PE.
Cena: płytka numer 652 – 5,10 zł + koszty wysyłki (11 zł).

◊ *mgr inż. Dariusz Cichoński*

Rozszerzenie możliwości programatora pamięci CMOS EPROM



Propozycja obejmuje zasilacz impulsowy napięcia programującego (12, 21, 25 V) oraz dodatkowe zworki umożliwiające zwiększenie asortymentu programowanych pamięci. Zasilacz jest dodatkowym układem, który można zamontować zamiast stabilizatora 12 V. Zworki natomiast można wykonać na płytce adaptera.

Opis i działanie zasilacza

Rozpiętość napięć zasilających i programujących współczesnych pamięci Eprom i Flash zawiera się od 2,7 do 25 V. Zakres napięć zasilania podczas odczytu jest ograniczony od 2,7 do 5 V. Napięcia programujące natomiast zawierają się w przedziale od 5 do 25 V. Wysokie napięcia programujące (21, 25 V) dotyczą starszych typów pamięci, jednak można się z nimi spotkać i dlatego proponujemy wykonanie dodatkowego zasilacza. Pamięci na napięcia 2,7 i 3,3 V wytrzymują podwyższenie napięcia do 5 V podczas programowania i nie wymagają zasilaczy obniżających napięcia.

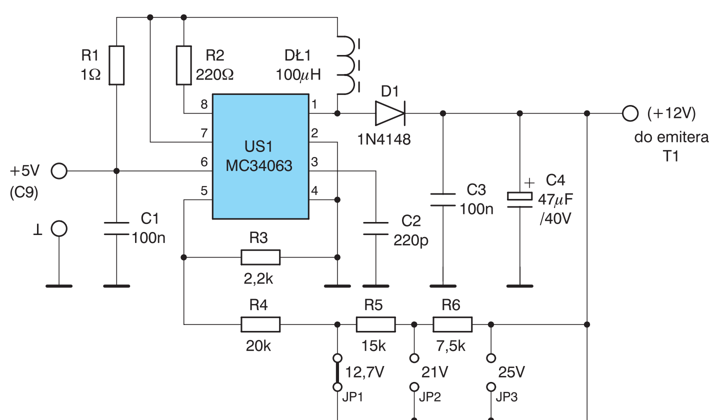
Proponowany do wykonania zasilacz korzysta z napięcia 5 V i w sposób impulsowy podwyższa je do wartości 12,7, 21 lub 25 V. Prostą budowę zasilacza uzyskano dzięki zastosowaniu układu scalonego przetwornicy napięcia MC 34063 (KA 34063). Układ ten może pracować w szerokim zakresie napięć zasilania od 3÷40 V. Posiada wewnętrzny tranzystor wyjściowy o maksymalnym prądzie 1,5 A. Częstotliwość wewnętrznego generatora ustalana jest za pomocą zewnętrznej pojemności i może wynosić maksymalnie 100 kHz. Wartość napięcia wyjściowego ustala się za pomocą zewnętrznego dzielnika napięcia. Posiada również ograniczanie prądu wyjściowego. Może pracować jako zasilacz podwyższający napięcie (*Step–Up*), obniżający (*Step–Down*) lub odwracający (*Inverting*). W naszym przypadku będzie to zasilacz podwyższający. Napięcie wyjściowe będzie większe od wejściowego.

Napięcie zasilające +5 V podawane jest na wyprowadzenie 6 US1. Rezystor R1 włączony jest w układzie ograniczania prądu. Wejście ograniczania prądu to wyprowadzenie 7. Rezystor R2 zasila kolektor tranzystora sterującego. Napięcie zasilające przez dławik DŁ1 podawane jest do kolektora wyjściowego tranzystora przełączającego (1 US1). Indukowane na wyprowadzeniu 1 impulsy prostowane są przez diodę D1 i filtrowane kondensatorami C3, C4. Emiter tranzystora wyjściowego podłączony jest do wyprowadzenia 2 i dalej do masy.

Kondensator C2 podłączony do wyprowadzenia 3 ustala częstotliwość generatora wewnętrznego. Częstotliwość ta wynosi około 100 kHz.

Napięcie wyjściowe przez dzielnik rezystancyjny R3, R4 (dodatkowo R5, R6) podawane jest do wejścia komparatora (5). Wewnętrzne napięcie odniesienia komparatora wynosi 1,25 V. Regulacja napięcia wyjściowego działa w kierunku ustalenia napięcia 1,25 V na wejściu komparatora. Napięcie wyjściowe zależy od stopnia podziału dzielnika. Przełączane za pomocą zworek rezystory pozwalają na zmianę napięcia wyjściowego.

Pobór prądu bez obciążenia wynosi 5,5 mA. Po obciążeniu pobór prądu jest proporcjonalny do prądu obciążenia. Ograniczenie ustawione jest rezystorem R1 na około 0,5 A. Układ może być zasilany napięciem niestabilizowanym 5÷10 V, jeśli stabilizator 5 V jest już mocno obciążony.



Rys. 1 Schemat ideowy zasilacza

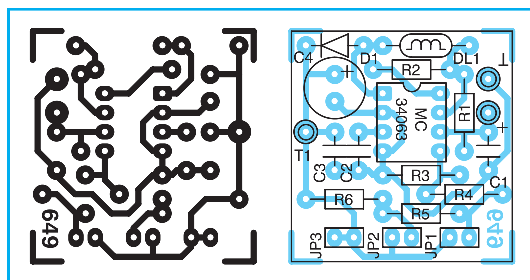
Montaż i uruchomienie

Niewielkie wymiary płytki i mała ilość elementów sprzyjają ewentualnemu wykonawcy. Elementy zamontować zgodnie z ogólnie znanymi zasadami dotyczącymi montażu na płytkach drukowanych.

Sprawdzić poprawność montażu i brak zwarć. Przed zamontowaniem do programatora sprawdzić działanie zasilacza. Potrzebny będzie zasilacz +5 V o wydajności prądowej 100 mA i multimetr.

Zasilanie podłączyć przez miliamperomierz. Pobór prądu powinien wynosić około 6 mA. Zewrzeć zworkę JP1 i włączyć zasilanie. Napięcie wyjściowe powinno wynosić około 13 V. Obciążyć zasilacz rezystorem 1 kΩ. Napięcie wyjściowe nie powinno ulec zmianie. Przełączając zworkę w pozycje JP2 i JP3 sprawdzić wartości napięcia wyjściowego, które powinny wynosić odpowiednio 21 i 25 V.

Po uruchomieniu płytkę zasilacza można podłączyć przewodami do płytki programatora. Zacząć trzeba od wymontowania stabilizatora US9 wraz z elementami towarzyszącymi (R20, R21, C7). Wymontować zworę znajdującą się między rezystorem R4 i tranzystorem T4. Zworę zamontować zamiast stabilizatora US9 (1–3).



Rys. 2 Płytka drukowana i rozmieszczenie elementów

Zasilanie płytki zasilacza (+5 V) podłączyć do wyprowadzenia R18 w pobliżu kondensatora C9. Masę podłączyć do wolnych punktów masy po C7 lub R21. Wyjście +12 V podłączyć do punktu po wymontowanej zworze od strony emitera tranzystora T1. Sposób zamocowania płytki zasilacza pozostawiam czytelnikom.

Wymagane jest zmniejszenie napięcia zasilającego programator. Napięcie zasilające nie powinno przekraczać 12 V. Nie może być mniejsze niż 7,5 V. Pozostawienie poprzedniej wartości napięcia zasilania wymaga zamontowania radiatora na stabilizatorze US8. Ewentualnie zamiast US9 można zamontować rezystor redukujący napięcie zasilania. Rezystancja jego powinna wynosić 22÷47 Ω przy mocy 0,5÷1 W.

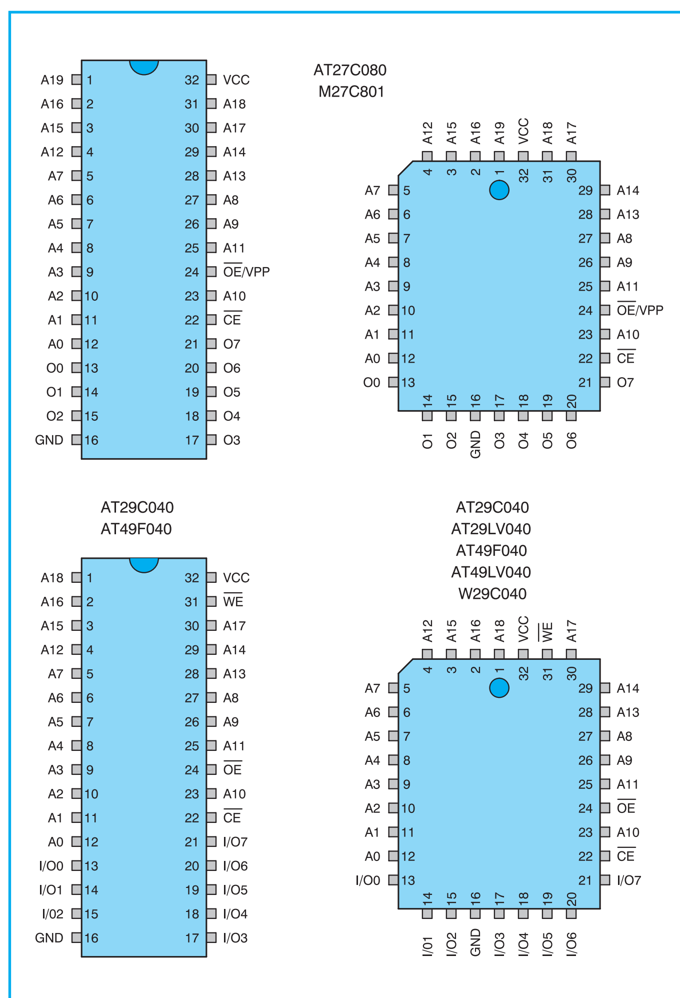
Eksploatacja zasilacza wymaga zwiększonej uwagi na zachowanie odpowiedniej wartości napięcia programującego. Zawsze zostawiać zworkę w pozycji JP1 (12,7 V) i tylko na czas programowania wybierać wyższe napięcia.

Modyfikacja programatora

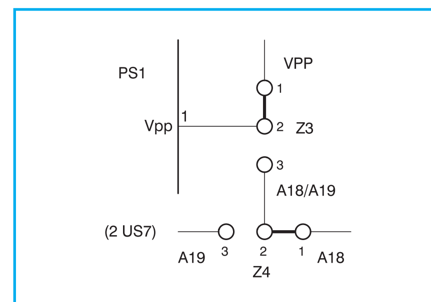
Szeroka gama pamięci wymaga dostosowywania programatora. Nie mam szans na zapewnienie jego pełnej uniwersalności. Ostateczne rozwiązania zależeć będą od potrzeb jego użytkowników. Skupię się jedynie na programowaniu pamięci 4 i 8 Mb zasilanych i programowanych napięciem o wartości 5 V.

Pamięci o pojemności 4 Mb (mega bitów), lub inaczej 512 kB wymagają wykorzystania linii adresowej A18, która jest przewidziana i doprowadzana do płytki adaptera. Za pomocą przełącznika WŁ1 (12÷13) można ją podłączyć do wyprowadzenia 31. Rozwiązanie to jest odpowiednie dla pamięci wymagających napięcia programowania 12 V i niektórych pamięci 5 V. Przykładowo pamięci AT 49F002 (Atmel) wymagają wtedy odłączenia wyprowadzenia 1. Natomiast pamięć AT 27F040 ma linię A18 na wyprowadzeniu 1.

Pamięci 8 Mb (1 MB) wykorzystują dodatkowo linię adresową A19. Linię tą trzeba doprowadzić do adaptera przewodem z wyjścia 2 licznika US7 znajdującego się na płytce programatora. Pamięci 5 V mają linię A19 na wyprowadzeniu 1 a linię A18 na wyprowadzeniu 31. Dotyczy to niestety tylko pamięci EPROM i OTP w obudowach PDIP i PLCC. Nowe pamięci realizowane są zwykle w obudowach TSOP, do montażu powierzchniowego i wymagają specjalnych adapterów.



Rys. 3 Rozmieszczenie wyprowadzeń pamięci 4 i 8 Mb



Rys. 4 Zworki przy wyprowadzeniu 1

Reasumując proponuję dodatkowe dwie zworki do podłączania wyprowadzenia 1. Zworki te należy wykonać na płytce adaptera zgodnie ze schematem pokazanym na rys. 4.

Zwora Z3 pozwala na podłączanie do wyprowadzenia 1 napięcia programującego V_{pp} lub linii adresowej A18, czy A19. Wybór odpowiedniej linii odbywa się za pomocą zwory Z4. Zworę Z3 umieścić z lewej strony przełącznika WŁ1, co odpowiada jej rysunkowi w nowszych wersjach programu.

Wykaz elementów:	
Półprzewodniki	
US1	– MC 34063, KA 34063
D1	– 1N4148
Rezystory	
R1	– 1 Ω/0,5 W
R2	– 220 Ω/0,125 W
R3	– 2,2 kΩ/0,125 W/5%
R6	– 7,5 kΩ/0,125 W/5%
R5	– 15 kΩ/0,125 W/5%
R4	– 20 kΩ/0,125 W/5%
Kondensatory	
C2	– 220 pF/50 V ceramiczny
C1, C3	– 100 nF/50 V ceramiczny
C4	– 47 μF/40 V
Inne	
DŁ1	– dławik 100 μH
płytka drukowana numer 649	

Płytki drukowane wysyłane są za zaliczeniem pocztowym. Płytki można zamawiać w redakcji PE.

Cena: płytka numer 649 – 4,00 zł
+ koszty wysyłki (11 zł).

◊ R.K

Katalog Praktycznego Elektronika. Głośniki firmy Beyma.

Typ	Średnica nom.	Moc RMS	Moc muzyczna	Efektywność	Zakres częstotl.	Średnica cewki	Waga magnesu	Współcz. BL	Masa ruchoma	Długość cewki	Długość szczeliny	Wychyl. niszczące	Objętość głośnika	Waga głośnika
	[mm]	[W]	[W]	[dB]	[Hz]	[mm]	[kg]	[N/A]	[kg]	[mm]	[mm]	[mm]	[l]	[kg]
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Seria Pro														
Niskotonowe														
21L45	540	800	1600	99	20÷1200	114	16	30,5	0,25	25	11	35	20	19
18G550	460	750	1500	99	25÷1500	114	11,5	24,4	0,19	25	11	40	13	14
18G50	460	700	1400	98	25÷1500	114	11,5	28,8	0,17	25	11	40	13	14
16LX60	460	600	1200	98	25÷1000	100	9	20,5	0,172	23	8	40	13	11,5
18G400	460	400	800	99	30÷1500	100	9	22,3	0,158	22	9	28	13	11,5
15G450/N	380	600	1200	98	30÷1500	114	10,8	24,3	0,142	21	9	35	6	12,2
15LX60	380	600	1200	96	35÷2000	100	9	20,3	0,09	23	8	40	5,5	9,7
15G400	380	400	800	99	25÷1500	100	9	22,7	0,110	22	9	28	7	10,4
12LX60	300	600	1200	96	35÷2000	100	9	20,3	0,090	23	8	40	5,5	9,7
12K200	300	300	600	98	25÷2000	100	9	20,5	0,106	21	9	28	7	10,4
10G200	250	200	400	96	40÷4000	77	5	16,9	0,044	16	7	30	3	5,7
Specjalnego przeznaczenia														
12G125	300	125	250	98	45÷6000	52	3,85	15,8	0,045	15	7	16	4,5	4,5
12GU	300	100	200	101	60÷12000	52	3,85	14,5	0,034	11	7	16	4,5	4,5
12AG100	300	80	160	101	50÷18000	38,5	2,75	9,3	0,032	9	7	16	4	3,4
10AG/N	250	100	200	97	60÷17000	34,6	1,25	6,7	0,020	10,5	6	18	2,5	1,55
8AG/N	200	35	70	96	60÷18000	34,6	1,25	6,4	0,0136	10,5	6	-	1	1,5
8AG/1N	200	30	60	94	70÷15000	25,8	0,62	4,9	0,012	6,5	6	-	1	0,93
średniotonowe														
15G350	380	250	500	99	30÷4000	77	6,5	18	0,076	16	7	30	7	8
15M300	380	300	600	100	30÷3500	77	8	20,1	0,078	16	9	35	7	9,2
szerokopasmowe - dwusystemowe														
15DX	380	350	700	97	35-1500	114	9,4	16,6	0,11	17	9	28	7	11,3
15KX	380	250	500	99	25÷3000	77	6,4	14,5	0,070	13	8	28	7	8,25
15XM	380	250	500	97	30÷3500	100	8,8	14,1	0,064	17	9	28	7	10,75
12CX	300	100	200	98	45÷7000	52	3,85	13	0,039	11	7	16	5,5	5,26
12KX	300	250	500	98	35÷3000	77	6,4	14,5	0,045	13	8	30	7	7,85
12XM	300	250	500	94	40÷3500	100	8,8	13,4	0,044	17	9	28	6,5	10,27
8BX	200	100	200	92	25÷8000	38,5	2	7,3	0,023	14	61	20	1,5	2,9
seria SM														
niskotonowe														
SM-118	460	250	500	97,5	30÷3000	77	5	18,2	0,114	18	7	30	7	7
SM-115	380	250	500	99	30÷3000	77	5	18	0,077	18	7	30	6	6,5
SM-112	300	250	500	99	35÷4000	77	5	18,2	0,051	18	7	30	4,5	5,65
SM-110	250	150	300	93,4	45÷4000	52	3,85	13,7	0,043	16	7	28	7	7

Typ	Materiały					Parametry Thiele-Small'a												
	kosz	membrana	zawieszenie	cewka	magnes	Fs	Re	Qms	Qes	Qts	Vas	Cms	Rms	ho	Sd	Xmax	Vd	Le
-	-	-	-	-	-	[Hz]	[W]	-	-	-	[l]	[mkrom/N]	[kg/s]	[%]	[m2]	[mm]	[m^2]	[mH]
seria Pro																		
niskotonowe																		
21L45	Al	papier	tk. impr.	Al	ferryt	30	6,50	9,910	0,330	0,32	500	112	4,7	3,9	0,1764	9	1600	1,8
18G550	Al	papier	tk. impr.	Cu	ferryt	36	5,25	8,875	0,385	0,37	210	103	5,5	2,5	0,1200	9	1075	1,4
18G50	Al	papier	tk. impr.	Al	ferryt	40	6,10	12,050	0,334	0,325	212	93	3,54	4	0,1320	9	1180	2
16LX60	Al	papier	tk. impr.	Cu	ferryt	27	5,50	11,450	0,380	0,37	500	248	2,2	2,5	0,1320	9	1200	1,2
18G400	Al	papier	tk. impr.	Cu	ferryt	36	5,50	8,840	0,386	0,37	300	125	4	3,4	0,1300	7		
15G450/N	Al	papier	tk. impr.	Cu	ferryt	45	5,70	10,500	0,330	0,32	115	88	3,23	3	0,0880	6,5		
15LX60	Al	papier	tk. impr.	Cu	ferryt	42	5,5	9,800	0,31	0,30	215	156	2,45	1,5	0,0550	9	500	1,2
15G400	Al	papier	tk. impr.	Cu	ferryt	35	6	8,3	0,284	0,275	175	188	2,9	2,5	0,083	7	580	1,3
15K200	Al	papier	tk. impr.	Cu	ferryt	27	6,3	9,01	0,27	0,26	345	320	2,76	2,5	0,053	7,5	660	1,2
12LX60	Al	papier	tk. impr.	Cu	ferryt	42	5,5	9,8	0,31	0,30	66	156	2,45	1,5	0,055	9	500	1,2
12K200	Al	papier	tk. impr.	Cu	ferryt	35	6,2	11,17	0,229	0,225	160	383	1	2,9	0,053	4,5	220	0,8
10G200	Al	papier	tk. impr.	Cu	ferryt	45	5,8	7,021	0,260	0,251	56,1	278	1,8	1,95	0,038	4,5	171	1
specjalnego przeznaczenia																		
12G125	Al	papier	tk. impr.	Cu	ferryt	41	6,5	2,010	0,310	0,270	122	335	5,77	2,6	0,051	4	204	1
12GU	Al	papier	tk. impr.	Cu	ferryt	70	7	3,46	0,551	0,475	60	152	4,32	4	0,053	2	106	0,6
12AG100	stal	papier	tk. impr.	Cu	ferryt	60	6,5	3,35	0,9	0,7	92	220	3,60	2,5	0,054	1,5	80	0,4
10AG/N	stal	papier	papier	Cu	ferryt	90	7,4	4,6	1,851	1,32	30	156,3	2,46	1,15	0,036	2	72	0,4
8AG/N	stal	papier	papier	Cu	ferryt	105	7,1	4,13	1,6	1,15	11	160,5	2,23	0,82	0,022	2	44	0,6
8AG/1N	Al	papier	tk. impr.	Cu	ferryt	120	5,75	5,74	2,20	1,59	10	152	1,52	1,52	0,023	1	23	0,5
średniotonowe																		
15G350	Al	papier	tk. impr.	Cu	ferryt	32	5,7	8,7	0,270	0,262	312,2	324,5	1,76	3,4	0,083	4,5	373	0,8
15M300	Al	papier	tk. impr.	Cu	ferryt	40	5,8	8,1	0,280	0,27	220	248	2,42	4,8	0,088	3,5	310	1,3
szerokopasmowe - dwusytemowe																		
15DX	Al	papier	tk. impr.	Al	ferryt	40	5,3	9,2	0,45	0,43	160	145	4	2,4	0,088	4	350	-
15KX	Al	papier	tk. impr.	Al	Ferryt	45	5,68	11,4	0,519	0,496	203	188,4	1,69	3,18	0,088	3,5	300	-
15XM	Al	papier	tk. impr.	Cu	Ferryt	36	5,8	13,8	0,41	0,4	310	300	1,69	2,33	0,088	4	350	-
12CX	Al	papier	tk. impr.	Al	ferryt	42	6,22	3,5	0,38	0,34	146,4	373	2,91	2,65	0,053	2	106	
12KX	Al	papier	tk. impr.	Al	ferryt	45	5,6	10,4	0,380	0,370	70	186	1,49	2,9	0,055	3,5	200	-
12XM	Al	poliprop.	guma	Al	ferryt	42	5,3	10,83	0,36	0,34	125	290	1,07	2,5	0,053	4	210	-
seria SM																		
niskotonowe																		
SM-118	Al	papier	tk. impr.	Cu	ferryt	35	6,4	10,22	0,51	0,49	303	165	2,6	2,8	0,1146	5,5	630	1,1
SM-115	Al	papier	tk. impr.	Cu	ferryt	35	6,4	7,02	0,33	0,32	276	256	2,47	3,8	0,088	5,5	475	1,1
SM-112	Al	papier	tk. impr.	Cu	ferryt	45	6,3	8,83	0,27	0,26	101	241	1,64	3,4	0,055	5,5	290	1,1
SM-110	Al	papier	tk. impr.	Cu	ferryt	42	6,6	2,5	0,40	0,35	65	338	4,53	1,2	0,037	4	150	1

GIEŁDA PE

SPRZEDAM

AMIGĘ 1200 - monitor 1084S, karta turbo, HDD CDx6, dodatkowa stacja dyskietek, modem Acorp, joystick, mysz, 25 płyt CD, 75 dyskietek, literatura. Cena 350,00 zł. Zdzisław Zasada, ul. Szczytowa 11/8, 41-608 Świętochłowice.

WYKRYWACZ metali płytka nr 530, pomogę uruchomić i 20% zwiększyć zasięg. Schematy, płytki innych wykrywaczy sprzedam - wymienię. Info k+z. Sylwester Królak, ul. Wyki 19/6, 75-337 Koszalin, 0(prefiks) 94 341-28-13.

RETRO-ELEKTRONIKA, układy lampowe, tranzystorowe, scalone, specjalne cyfrowe. Porady darmo - znaczek! Telefon 0(prefiks) 12 637-86-12. Poznański, Al. Kijowska 13/10; 30-079 Kraków. Pisz, dzwoń!!!.

WYKRYWACZE metali VLF PJ z rozróżnianiem 3 m w ziemi. Kupię kwarc 40,693 MHz Jan Tukałło, ul. Katowicka 36/1, 41-710 Ruda Śląska. tel. 608 167-023.

PRZETWORNICE napięcia 12V DC/220V AC telefon 0(prefiks)34 357-93-95.

GENERATOR obrazu kontrolnego GTV19. Obraz kontrolny jak w TVP. Tła: RGB-biel-czerń. Wyjścia: AV-RGB-RF. Fonia: DK/BG. Zadzwoń, wyślę dokładne dane. Telefon 0(prefiks) 357-78-34, 0(prefiks) 34 357-72-55.

FILTR PP9A2, tuner DIORA AS502, falownik 3x380V 11kW, automatyczny miernik zniekształceń PMZ11, wzmacniacz antenowy 0,3÷3GHz, dolby surround na słuchawki Lukasa. Telefon 0605326360.

KUPIĘ

DIODY pojemnościowe podwójne BB 104B 2 szt., BB104G szt. Oferty z ceną - W. Skupniewicz, ul. Polna 43, 81-740 Sopot oraz filtr 7x7 - 211 2 szt., Wyłącznik wielopozycyjny MPS-142 - 2 szt..

UKŁAD scalony HT12E - 2 szt. Telefon 606896-877, roblob2001@wp.pl.

ZAMIENIĘ

SCHEMATY, dokumentacje wykrywaczy metali PI, VLF, IB, TR z rozróżnianiem wymienię, odstąpię. Jan Kuźma, 22-400 Zamość, ul. Reja 9/39, telefon 0(prefiks)84 639-19-49.

POSZUKUJĘ

PILNIE poszukuję schematu do oscylografu rosyjskiego, typ OMM-3M. M. Hejna, ul. 11 Listopada 6/8 m. 14, 26-700 Zwoleń, telefon 0(prefiks) 48 676-30-39.

INNE

PRACA w domu - lutowanie układów elektronicznych. Warunek - lutownica. Nie pobieram żadnych opłat. Proszę o 2 znaczki po 1,10 zł. Jan Olczyński, ul. Szeroka 36, 66-615 Dąbie.

Giełda PE

Bezpłatne ogłoszenia drobne wyłącznie dla osób fizycznych

Zaznacz rubrykę w której ma zostać zamieszczone ogłoszenie

☐ Sprzedam ☐ Poszukuję

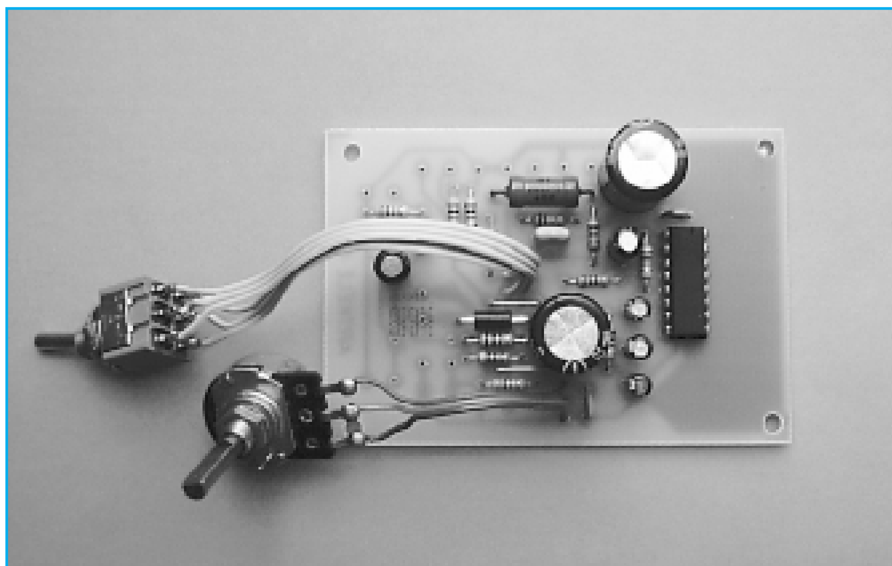
☐ Kupię ☐ Zamienię ☐ Inne

Kupony prosimy przesyłać w kopercie **z dopiskiem GIEŁDA PE**



Pomiary elektroakustyczne z wykorzystaniem mikrokomputera

Opisujemy prosty układ zewnętrzny, który po podłączeniu do karty dźwiękowej mikrokomputera umożliwia pomiary elektryczne i elektroakustyczne charakterystyk częstotliwościowych wzmacniaczy i zestawów elektroakustycznych. Dodatkowo możliwy jest pomiar impedancji, zniekształceń nieliniowych lub intermodulacyjnych, a wyniki pomiarów prezentowane są bezpośrednio na ekranie monitora. Do tego potrzebny jest odpowiedni program, który można znaleźć w Internecie.



Wymagania sprzętowe

Wymagania te związane są z wykorzystywanym programem. Proponujemy program „Speaker Workshop", który do celów edukacyjnych (nie zarobkowych) można ściągnąć ze strony internetowej *www.audua.com*. Program ten wymaga znajomości języka angielskiego. W jego wykorzystaniu powinien pomóc niniejszy tekst. Oprócz pomiarów program umożliwia projektowanie zestawów głośnikowych i zwrotnic.

Mikrokomputer powinien być wyposażony co najmniej w mikroprocesor Pentium MMX lub AMD K6 z zegarem 233 MHz. Lepszy mikroprocesor umożliwi uzyskanie większej dokładności oraz skróci czas obliczeń. Można męczyć się już z procesorem 486 DX lub zestawem 386 DX z koprocesorem arytmetycznym. Pamięć RAM powinna wynosić co najmniej 64 MB. Na dysku twardym powinno być około 100 MB wolnej przestrzeni. System operacyjny to co najmniej Windows 95. Może być Windows 98 lub XP.

Niezbędna jest karta dźwiękowa stereofoniczna wyposażona w tzw. pełny duplex, tzn. umożliwiająca jednoczesne wytwarzanie sygnału wyjściowego i przyjmowanie sygnału wejściowego. Wykaz kart spełniających to wymaganie można znaleźć na podanej wyżej stronie internetowej. Program zawiera specjalny test umożliwiający sprawdzenie przydatności posiadanej karty dźwiękowej. Karta powinna mieć wyjście i wejście tzw. liniowe (LIN OUT, LIN IN) oraz wejście mikrofonowe (MIC IN).

Możliwe jest uzyskanie dokładności pomiarów na poziomie 1%. W przypadku zniekształceń nieliniowych można mierzyć zniekształcenia poniżej 0,1%.

Ponieważ współczesne karty dźwiękowe posiadają tylko wyjścia napięciowe, proponujemy przygotowanie specjalnego układu, który zawiera wzmacniacz mocy, układ zasilania mikrofonu elektretowego, przełączniki i dzielniki napięcia umożliwiające realizację układu pomiarowego. Wzmacniacz mocy wykorzystany zostanie do wysterowania głośników przy pomiarze charakterystyk przenoszenia oraz do pomiarów impedancji.

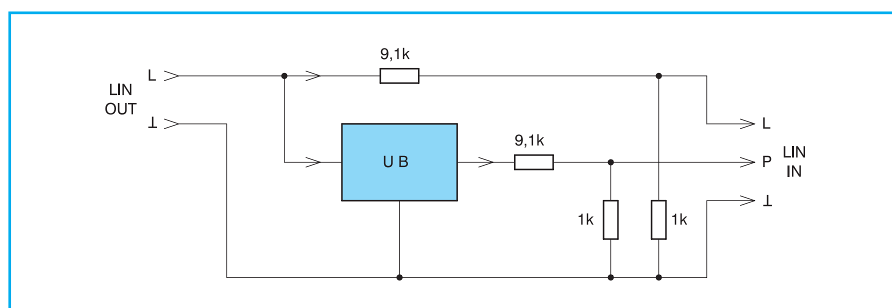
Możliwe jest wykorzystanie innego wzmacniacza mocy o odpowiednich parametrach. Najistotniejsza jest płaska charakterystyka przenoszenia od 20 Hz do 20 kHz i moc wyjściowa 1 W przy rezystancji 8 Ω. Istotna jest także odpowiednia wydajność prądowa umożliwiająca wysterowanie rezystancji 2 Ω, do jakiej może spadać impedancja zestawu głośnikowego.

Zasada pomiarów

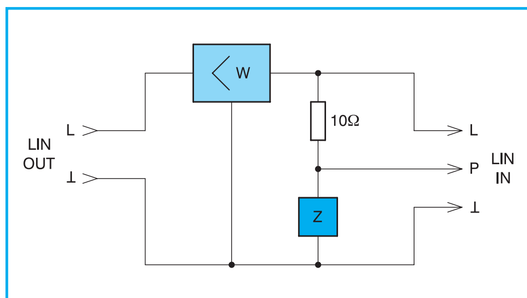
Karta dźwiękowa pełni podwójną rolę, generatora i woltomierza. Sterowanie generatorem jak i obróbkę danych wejściowych realizuje mikrokomputer zgodnie z programem. Sygnał wyjściowy (generowany) uzyskiwany jest na wyjściu kanału L, wyjścia liniowego (LIN OUT). Sygnał odniesienia podawany jest na wejście kanału L, a sygnał pomiarowy na wejście kanału P, wejścia liniowego (LIN IN). W przypadku pomiarów elektroakustycznych sygnał z mikrofonu należy podać na wejście mikrofonowe (MIC IN) – kanał L.

Jako pierwszy zaprezentuję układ do pomiaru charakterystyk częstotliwościowych wzmacniaczy pokazany na rys. 1.

Pomiar ten odbywa się w dziedzinie elektrycznej. Sygnał sterujący pobierany jest z wyjścia liniowego karty dźwiękowej



Rys. 1 Pomiar charakterystyki częstotliwościowej



Rys. 2 Pomiar impedancji

i następnie podawany do układu badanego UB. Sygnał ten może być przebiegiem o określonej częstotliwości i kształcie, lub może to być sygnał sinusoidalny, wobulowany, jaki jest najbardziej przydatny do określenia charakterystyki częstotliwościowej wzmocnienia lub funkcji przenoszenia układu.

Sygnał wyjściowy z badanego układu, przez dzielnik rezystancyjny 1:10 podawany jest na wejście liniowe (kanał P). Na wejście kanału L podawany jest przez dzielnik sygnał odniesienia, który można wykorzystać do określenia przesunięcia fazowego sygnałów wejściowego i wyjściowego, a więc charakterystyki fazowej. Stosunek obu tych sygnałów to poszukiwane wzmocnienie lub tłumienie układu badanego. Analiza kształtu sygnału wyjściowego realizowana przez program z wykorzystaniem szybkiej transformaty Fouriera (FFT) pozwala na określenie zniekształceń nieliniowych. Dzięki możliwości wygenerowania przebiegu będącego sumą dwóch przebiegów sinusoidalnych, możliwe jest określenie zniekształceń intermodulacyjnych przebiegu wyjściowego.

Zastosowanie dzielników napięcia zmniejsza możliwość przesterowania i uszkodzenia układu wejściowego karty dźwiękowej. Trzeba pamiętać, aby amplituda napięcia wejściowego karty dźwiękowej nie przekroczyła wartości 3 V.

Kolejny układ umożliwia pomiary impedancji Z głośników i elementów RLC. Układ ten wykorzystuje zewnętrzny wzmacniacz W i pomocniczy rezystor, którego rezystancja nie jest krytyczna np. 10 Ω.

Mając napięcie na mierzonej impedancji i prąd wynikający z różnicy napięć na rezystorze pomocniczym można obliczyć wartość szukanej impedancji. Oczywiście zrobi to za nas program, po uprzednim skalibrowaniu miernika za pomocą znanej rezystancji. Układ zasadniczo przeznaczony jest do pomiarów impedancji głośników i zestawów głośnikowych. Pozwala na określenie parametrów Thiele–Smalla przy dwóch pomiarach przebiegu impedancji głośnika w funkcji częstotliwości. Pierwszy odbywa się w przestrzeni otwartej, a drugi w obudowie lub po obciążeniu membrany dodatkowym ciężarkiem także w przestrzeni.

Dodatkowo układ może służyć do pomiaru elementów RLC stosowanych w zwrotnicach głośnikowych. Zwiększenie rezystancji rezystora pomocniczego pozwala na zmianę zakresu pomiarowego. Wzmacniacz zastosowano z uwagi na ograniczoną obciążalność wyjścia karty dźwiękowej.

Każdego eksperymentatora elektroakustyka interesuje możliwość pomiaru charakterystyki elektroakustycznej posiadanych lub budowanych zespołów głośnikowych. Pomiaru tej charakterystyki dokonuje się przez wysterowanie głośnika czy zestawu mocą 1 W i umieszczenie mikrofonu na osi głośnika w odległości 1 m.

Do wysterowania głośnika służy wzmacniacz W. Najważniejszą właściwością wzmacniacza jest płaska charakterystyka częstotliwościowa i możliwość uzyskania zakładanej mocy wyjściowej. Wzmacniacz powinien zapewnić wysterowanie przy spadku impedancji głośnika, a więc powinien posiadać odpowiednią wydajność prądową. W dużej mierze zależy ona od zasilacza.

Także płaską charakterystykę częstotliwościową powinien posiadać mikrofon. Profesjonaliści stosują mikrofony pojemnościowe. W warunkach amatorskich powinien wystarczyć mikrofon elektretowy, lub dobry mikrofon przewidziany do kart dźwiękowych. Istotne jest mocowanie mikrofonu, a więc odpowiedni statyw lub coś podobnego.

Zastosowanie mikrofonu elektretowego wymaga zasilania. Umożliwia je proponowany do wykonania układ. Zasilanie takie realizują niektóre karty dźwiękowe, ale trudno znaleźć ich dane techniczne, gdzie byłoby to jasno napisane.

Wobulowany sygnał z generatora (przestrajany w zakresie od 20÷20.000 Hz) umożliwia automatyczne zdjęcie charakterystyki elektroakustycznej. Efekt pomiaru w postaci wykresu można zobaczyć na ekranie monitora, a następnie wydrukować.

Schemat ideowy i działanie

We wzmacniaczu wykorzystano układ scalony TDA 1905. Zaletą jego aplikacji jest mała ilość elementów zewnętrznych. Umieszczony jest w typowej obudowie 16-nóżkowej nazywanej w tym przypadku POWERDIP. Jako radiator wykorzystuje folię na płytce drukowanej. Do odprowadzania ciepła wykorzystuje się wyprowadzenia 9÷16, które łączy się do masy.

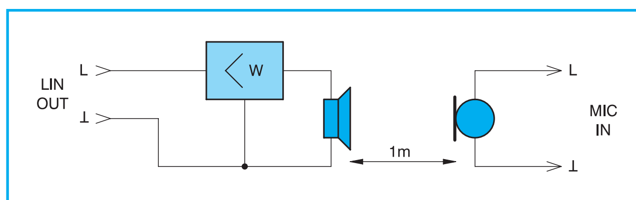
Maksymalne napięcie zasilania wynosi 30 V. Prąd wyjściowy maksymalny (powtarzalny) wynosi 2,5 A. Moc wyjściowa i moc tracona zależą od powierzchni folii płytki drukowanej wykorzystanej do odprowadzania ciepła. Moc wyjściowa może dochodzić do 5,5 W. Układ wyposażony jest w zabezpieczenie termiczne.

Pasmo przenoszenia układu scalonego wynosi od 20 Hz do 40 kHz. W zakresie dolnych częstotliwości jest ograniczane pojemnością kondensatora wyjściowego C8. W proponowanym układzie pasmo od góry jest ograniczone do 25 kHz kondensatorem C1. Kondensator ten eliminuje zakłócające składowe w.cz. wysyłane przez mikrokomputer.

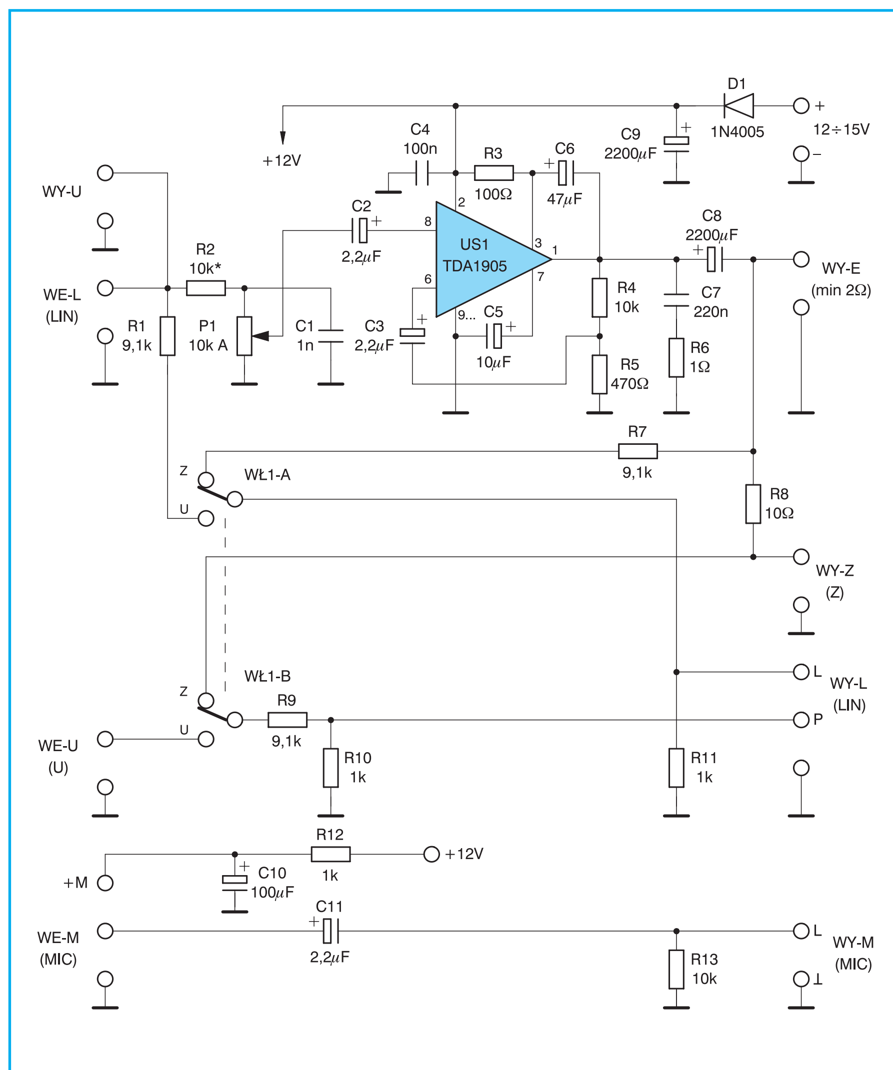
Wzmocnienie napięciowe układu jest określane stosunkiem rezystancji R4 i R5. W naszym przypadku wynosi 20 V/V czyli 26 dB. Jeśli niezbędne okaże się zwiększenie wzmocnienia, wystarczy zmniejszyć wartość rezystancji R5. Obwód ujemnego sprzężenia zwrotnego zamyka kondensator C3.

Kondensator C5 służy do odfiltrowania wewnętrznego napięcia zasilającego. Rezystor R3 i kondensator C6 zapewniają symetryczne ograniczanie przebiegu wyjściowego przy przesterowaniu. Dwójnik C7, R6 zapobiega wzbudzeniu wzmacniacza. Podobną rolę pełni kondensator odsprzęgający C4.

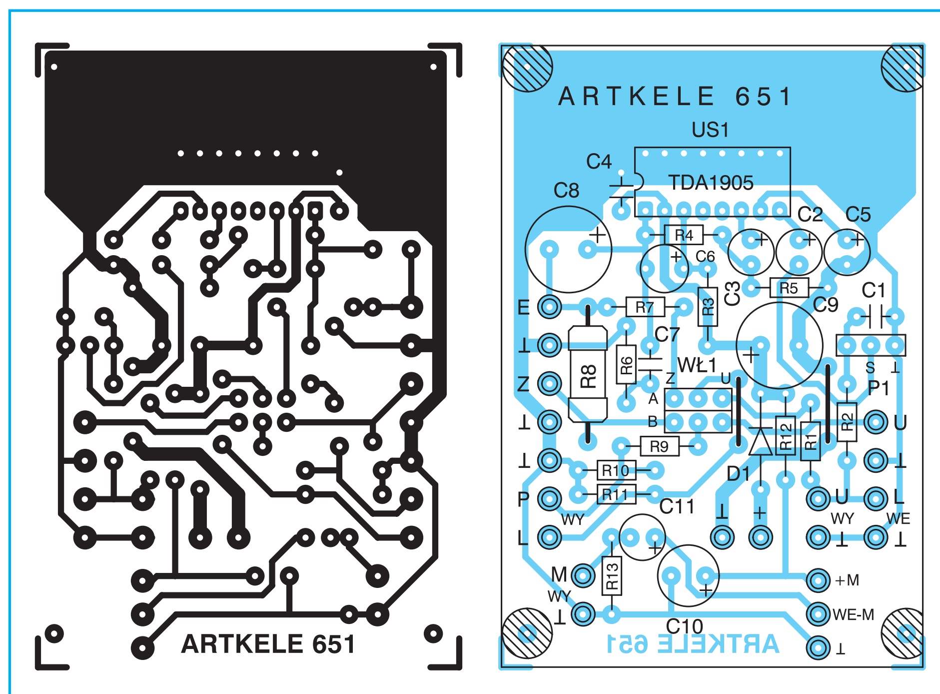
Przewidziano zasilanie układu z ze-



Rys. 3 Pomiar charakterystyki elektroakustycznej



Rys. 4 Schemat ideowy



Rys. 5 Płytka drukowana i rozmieszczenie elementów

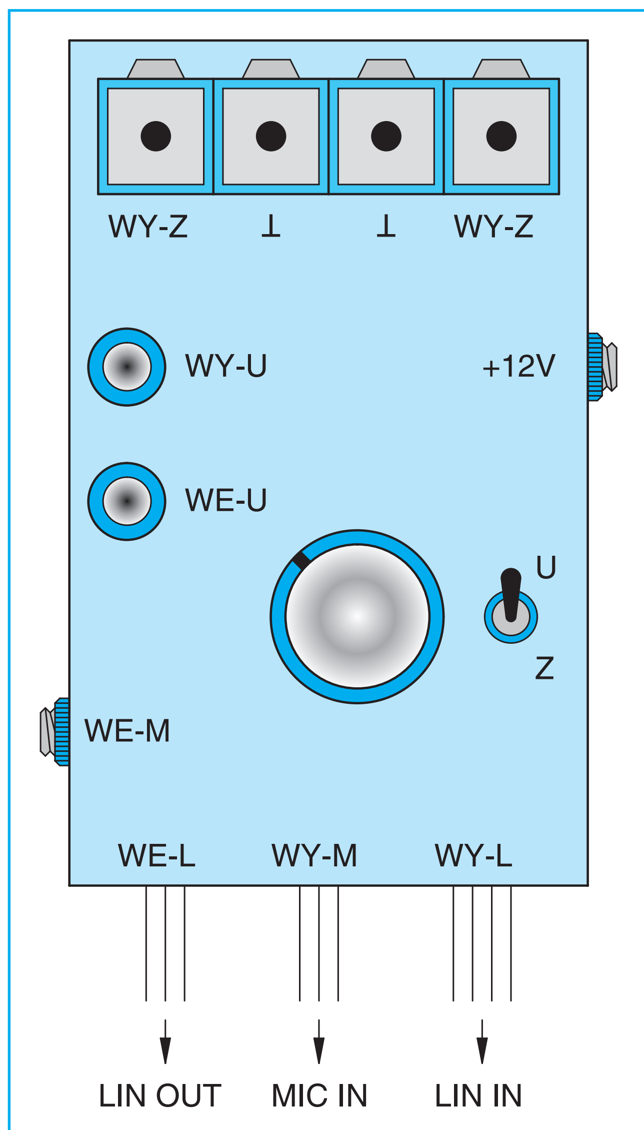
wnętrznego zasilacza dla zapewnienia warunków bezpieczeństwa. Powinien być to zasilacz niestabilizowany na napięcie 12 V. Maksymalna wartość napięcia bez obciążenia nie powinna przekroczyć 15 V. Wydajność prądowa zasilacza powinna wynosić 0,5÷1 A. Dioda D1 tylko zabezpiecza układ przed odwrotną polaryzacją napięcia zasilającego i może być zastąpiona zworą. Można pokusić się o wykorzystanie napięcia zasilającego +12 V dostępnego we wnętrzu mikrokomputera. Rozwiązanie to polecam jednak tylko zaawansowanym elektronikom obeznanym z wnętrzem mikrokomputera.

Sygnał wejściowy z wejścia WE-L (LIN) przez rezystor R2 podawany jest do potencjometru P1. Zadaniem tego potencjometru jest ustalenie wymaganej mocy wyjściowej. Moc wyjściową 1 W na rezystancji 4 Ω uzyskuje się przy napięciu 2 V (wartość skuteczna). Przy rezystancji 8 Ω wymagane jest napięcie 2,83 V. Pomiar napięcia można wykonać dobrym woltomierzem napięcia zmiennego lub korzystając z wejścia liniowego karty dźwiękowej. Sygnał z suwaka potencjometru podawany jest do wejścia US1 (8).

Sygnał wyjściowy uzyskiwany jest na wyprowadzeniu 1 i przez kondensator C8 podawany do wyjścia WY-E i dalej do obciążenia. Do wyjścia dołączony jest rezystor pomocniczy R8 przewidziany do pomiaru impedancji. Mierzoną impedancję Z podłączyć należy do wyjścia WY-Z.

Sygnał wejściowy jest zrównoleglony jako sygnał wyjściowy WY-U. Sygnał ten jest przewidziany do sterowania badanego układu zewnętrznego np. wzmacniacza czy korektora. Sygnał wyjściowy z badanego układu podać należy na wejście WE-U. „U" – oznacza pomiar napięciowy.

Przełącznik WŁ1 przewidziany jest do przełączania wyjść WY-L dla pomiaru układu zewnętrznego U lub pomiaru impedancji Z. Przy ustawieniu przełącznika w pozycji U, do wyjścia L podawany jest przez dzielnik R1, R11 sygnał wejściowy, a do wyjścia P przez dzielnik R9, R10 sygnał wyjściowy z badanego układu. Ustawienie przełącznika w pozycji Z podaje na wyjście L sygnał z wyjścia wzmacniacza (przez dzielnik R7, R11). Na wyjście P podawany jest przez dzielnik R9, R10 sygnał z mierzonej impedancji Z.



Rys. 6 Widok obudowy

Zasilanie mikrofonu elektretowego filtrowane jest układem R12, C10. Sygnał z mikrofonu podawany jest na wejście WE-M (MIC) i dalej przez kondensator C11 do wyjścia L WY-M.

Montaż i uruchomienie

Przed montażem elementów należy zastanowić się nad koncepcją ostateczną rozwiązania. Dotyczy to głównie obudowy i sposobu realizacji połączeń zewnętrznych. Mała obudowa (płaska) wymaga niskiej wysokości montażu. Należy więc przewidzieć położenie na powierzchni płytki kondensatora C8, a kondensatora C9 na elementach D1, R13, R1. Na wysokości 3 mm nad powierzchnią płytki zamontować rezystory R6 i R8. Wyprowadzenia 9÷16 układu US1 przylutować szczególnie starannie, ponieważ służą do odprowadzania ciepła.

Uruchomienie układu polega na sprawdzeniu działania wzmacniacza mocy. Potrzebny jest do tego zasilacz +12 V o wydajności prądowej 0,5 A, multimetr i głośnik o mocy co najmniej 2 W. Wskazany jest generator m.cz. i oscyloskop.

Po sprawdzeniu poprawności połączeń i braku zwarć można podłączyć napięcie zasilania przez miliamperomierz. Pobór prądu bez wysterowania nie powinien przekraczać 20 mA. Następnie sprawdzić napięcie zasilające na wyprowadzeniu 2 US1, które powinno wynosić 11,4 V (mniejsze o 0,6 V od napięcia z zasilacza). Napięcie na wyprowadzeniu 1 powinno być zbliżone do 1/2 napięcia zasilającego (5,7 V). Na wyprowadzeniach 6, 7, 8 napięcie powinno wynosić około 2 V.

Przy odłączonym zasilaniu podłączyć głośnik do wyjścia wzmacniacza. Włączyć zasilanie i przy skręconym na minimum potencjometrze P1 sprawdzić odsłuchowo brak przydźwięku i wzbudzeń. Po ustawieniu potencjometru na maksimum może być słyszalny lekki przydźwięk. Przyłożenie palca do wejścia wzmacniacza powinno spowodować wyraźne buczenie głośnika. Zamiast palca można podłączyć sygnał z magnetofonu lub CD i sprawdzić czystość odtwarzania. Dokładnie można sprawdzić działanie wzmacniacza korzystając z generatora m.cz. i oscyloskopu. Wskazane jest podłączenie do masy obudowy potencjometru. Zmniejszy to znacznie ewentualny przydźwięk.

Uruchomioną płytkę zamontować w obudowie i połączyć z odpowiednimi przewodami lub gniazdami na płycie czołowej obudowy. Do wejścia WE-L można podłączyć przewód ekranowany o długości 1,5 m zakończony wtykiem stereo Mini Jack. Przewód gorący powinien być podłączony do końcowego trzpienia środkowego. Podobny przewód podłączyć do wyjścia WY-M. Do wyjścia WY-L podłączyć ekranowany przewód stereofoniczny o długości 1,5 m zakończony wtykiem Mini Jack. Kanał lewy łączyć do trzpienia końcowego, a prawy do środkowego. Przewody te posłużą do połączenia przystawki do karty dźwiękowej. Mikrofon podłączyć przez gniazdo stereofoniczne Mini Jack wykorzystując podwójny przewód w ekranie (prowadzenie zasilania).

Jako WY-U i WE-U proponuję podwójne gniazdo Jack. Jako wyjścia WY-E i WY-Z można zastosować gniazdka bananowe lub podwójne gniazdo głośnikowe sprężynujące. Do zasilania wykorzystać typowe gniazdo zasilające w celu uniknięcia ewentualnych pomyłek. Wskazane jest oznaczenie gniazd i przewodów, co na pewno ułatwi w przyszłości łączenie układu pomiarowego.

Eksploatacja układu

Układ należy podłączyć do karty dźwiękowej korzystając z opisanych wyżej przewodów. Jeśli planujemy wykorzystać wzmacniacz (pomiar elektroakustyczny, lub pomiar impedancji) należy podłączyć zasilanie.

Dla pomiaru układu zewnętrznego zasilanie nie jest potrzebne. Przełącznik ustawić w pozycji U, a potencjometr skręcić na minimum. Wejście układu badanego podłączyć do WY-U, a jego wyjście do wejścia WE-U.

Przy pomiarach elektroakustycznych należy badany zestaw głośnikowy podłączyć do wyjścia WY-E. Przełącznik ustawić w pozycji Z. Mikrofon podłączyć do wejścia WE-M, lub bezpośrednio do karty dźwiękowej.

Podczas pomiaru impedancji przełącznik ustawić w pozycji Z. Podłączyć do karty wyjście WY-L, a odłączyć mikrofon. Mierzony element (impedancję) podłączyć do wyjścia WY-Z.

Program zainstalować po uprzednim rozpakowaniu do wydzielonego katalogu. Instalacja odbywa się po uruchomieniu programu *Setup*. Po zainstalowaniu uruchamia się jak typowy program Windows po najechaniu na ikonę i naciśnięciu przycisku myszki. Po ekranie powitalnym pojawia się pole robocze. Można zapoznać się z obsługą programu korzystając

z „Pomocy” (*Help*), lub otworzyć przykład (*Sample*) korzystając z rozwijanego menu File. Zapoznać się z zawartością katalogu *Sample* jaki rozwinie się po lewej stronie ekranu.

Poszczególne pozycje katalogu rozwijają się w formie tekstów, rysunków, lub charakterystyk. Klikając prawym przyciskiem myszki na rysunku rozwija się menu, w którym najważniejsze są, umieszczone na dole właściwości (*Properties*). Za ich pomocą można zmieniać parametry sygnałów, lub wartości elementów na rysunkach.

Po wstępnym zapoznaniu z programem można przystąpić do pracy. Zamknąć przykład i uruchomić New z menu *File*. Pojawi się nowy ekran oznaczony jako *SpkrWk1*, lub z kolejnym numerem. Rozwinąć menu *Resource* i nacisnąć przycisk New. Pokaże się nowe menu widoczne na rys. 7.

Folder – służy do utworzenia nowego folderu w rozwijanym z lewej strony drzewie.

Chart – otwiera obróbkę rysunku np. otrzymanej charakterystyki.

Driver – wprowadzanie danych głośnika.

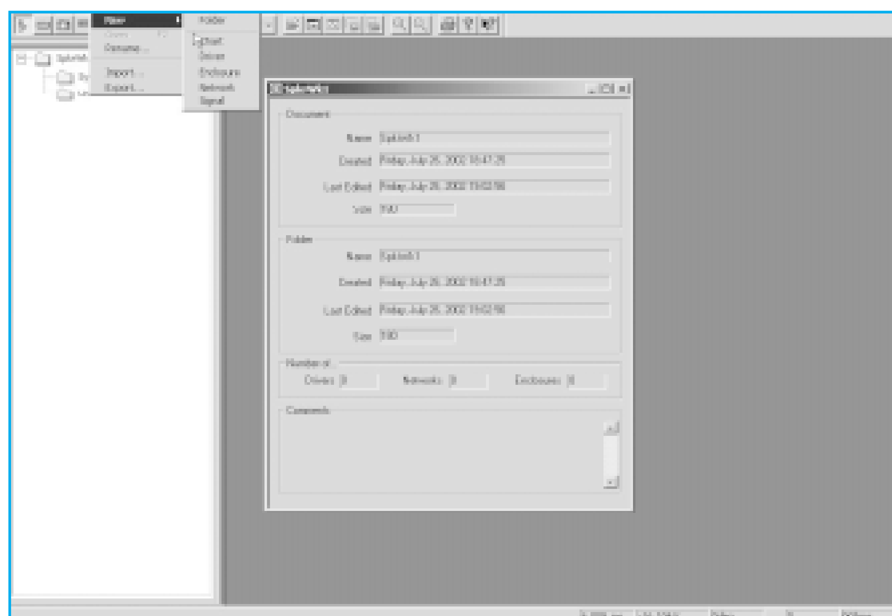
Enclosure – wprowadzanie danych obudowy głośnika.

Network – umożliwia tworzenie schematu i późniejszą symulację zwrotnicy.

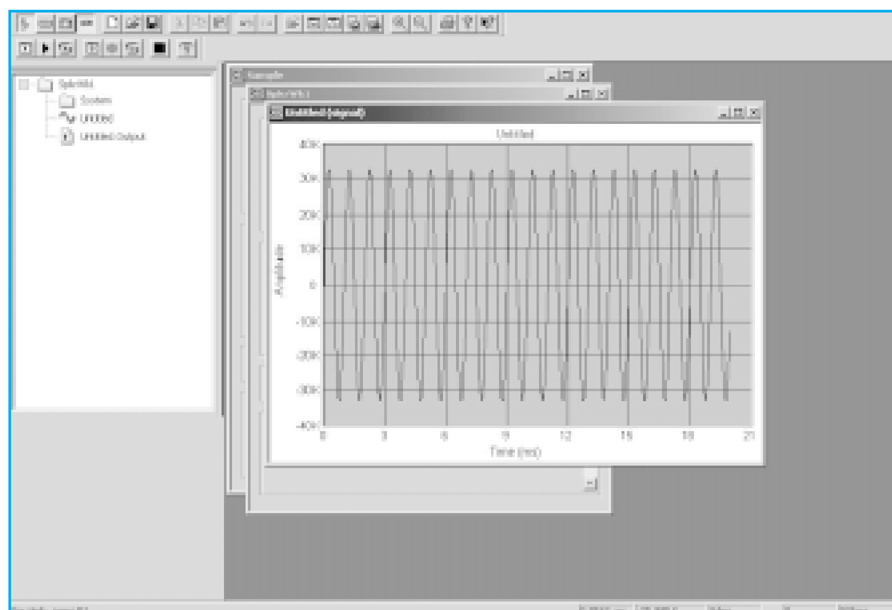
Signal – ustalenie rodzaju i parametrów sygnału wyjściowego.

Chcąc wygenerować sygnał naciskamy przycisk *Signal*. Pojawi się okno z aktualnie ustawionym sygnałem. Prawym przyciskiem otwieramy nowe menu i wybieramy *Properties* (właściwości). Teraz można wybrać rodzaj i parametry sygnału. Po zatwierdzeniu przyciskiem OK na pasku górnym pojawią się przyciski umożliwiające włączanie wybranego sygnału. Przyciski te przypominają oznaczeniami przyciski magnetofonu i można je włączać prawie intuicyjnie. Po najechaniu kursorem na przycisk, na pasku dolnym pojawia się nazwa jego funkcji. Przycisk ze znakiem zapytania służy do pomiaru impedancji.

Przed pomiarami trzeba dokonać kalibracji układu korzystając z menu *Options* – przycisk *Preferences...* i *Calibrate...* W pierwszym ustawiamy i testujemy układ pomiaru impedancji oraz mierzymy impedancję wejściową karty. W drugim dokonujemy właściwej kalibracji. W tym menu znajdziemy także pożyteczny kalkulator. Dalsze zapoznawanie się z programem pozostawiam czytelnikom życząc powodzenia.



Rys. 7 Menu New – Resource



Rys. 8 Sygnał wyjściowy

Wykaz elementów:

Półprzewodniki	
US1	– TDA 1905
D1	– 1N4005
Rezystory	
R6	– 1 Ω/0,25 W
R8	– 10 Ω/1 W
R3	– 100 Ω/0,125 W
R5	– 470 Ω/0,125 W
R10, R11, R12	– 1 kΩ/0,125 W
R1, R7, R9	– 9,1 kΩ/0,125 W
R2, R4, R13	– 10 kΩ/0,125 W
P1	– 10 kΩ-A PR-185
Kondensatory	
C1	– 1 nF/50 V ceramiczny
C4	– 100 nF/50 V
C7	– 220 nF/63 V MKSE-20
C2, C3, C11	– 2,2 μF/50 V
C5	– 10 μF/25 V
C6	– 47 μF/16 V
C10	– 100 μF/16 V
C8, C9	– 2200 μF/16 V
Inne	
WŁ1	– przełącznik podwójny dwupozycyjny
płytka drukowana numer 651	

Płytki drukowane wysyłane są za zaliczeniem pocztowym. Płytki można zamawiać w redakcji PE.

Cena: płytka numer 651 – 5,80 zł + koszty wysyłki (11 zł).

◊ *R.K.*

Kupon zamówień na płytki drukowane

Zostawić margines dla faxu — Zostawić margines dla faxu

Imię — Nazwisko

ul./os. — Ulica (miejscowość, wieś) — Numer domu / posesji

Kod pocztowy — Poczta (miejscowość) — Wszystkie dane personalne wpisać literami drukowanymi

Wytnij i naklej na kartę pocztową (wysyłka karty pocztowej kosztuje mniej niż wysyłka listu, a nam ułatwia pracę).

Płytki — Numer — Ilość — szt.

Czasopisma — Numer/rocznik — Ilość — szt.

Kserokopie — Numer płytki

W przypadku zamawiania kserokopii artykułów prosimy o podanie numeru płytki drukowanej zamieszczonej w tym artykule. Jeżeli w artykule występują dwie płytki należy podać tylko numer jednej z nich.
W rubryce UWAGI można wpisywać:
– nazwy programów, zamawianych układów,
– oznaczenia obudów, folii, elementów, itp.

Uwagi:...

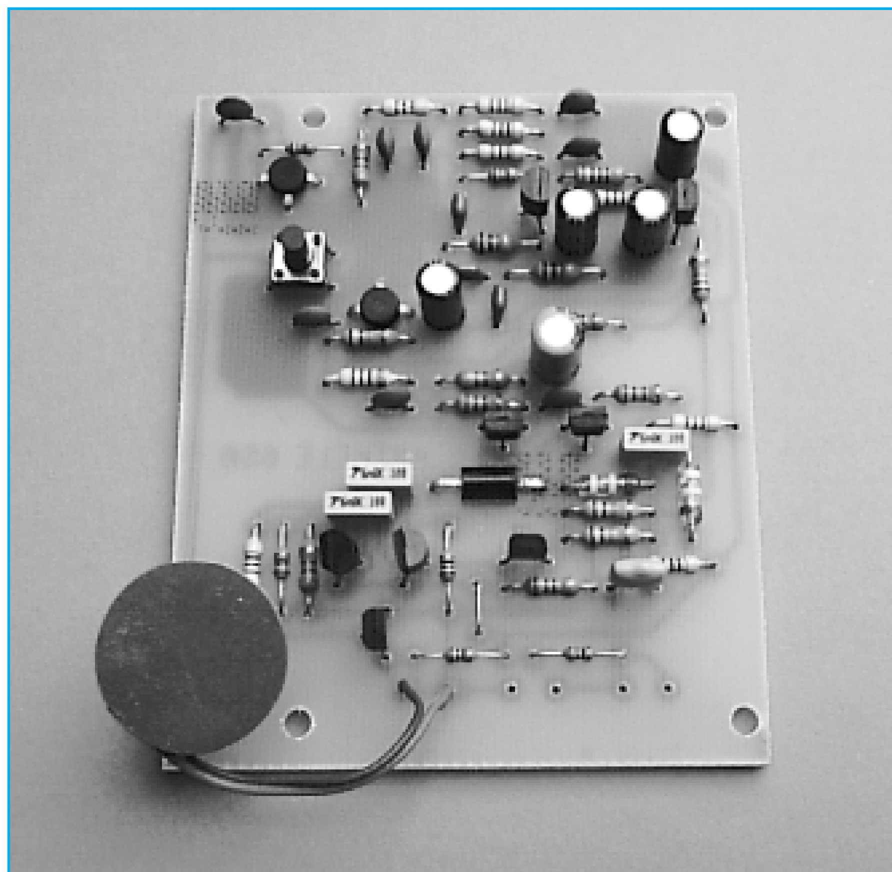
Wykaz dostępnych numerów archiwalnych:

1992	
3	4,00 zł
1995	
8	4,00 zł
1996	
4, 7÷9, 12	4,00 zł
1997	
1÷11	5,00 zł
1999	
3, 5, 9	5,80 zł
2000	
2 ,3 ,7 ,10÷12	5,80 zł
2001	
1÷4, 6÷8	5,80 zł
9-10, 11-12	8,70 zł
2002	
1÷5	6,20 zł

Ten kupon można wyciąć i wysłać faksem: fax (całą dobę (068) 451-02-70)

Wykrywacz podsłuchów

Ludzie z ciekawości podglądają przez dziurkę od klucza, ale także z tej samej ciekawości odkrywają Amerykę. To ciekawe powiedzenie może być mottem poniższego artykułu zajmującego się problematyką podsłuchów. Wyścig gospodarczy, technologiczny, przestępczy prowadzi w swojej konsekwencji do podsłuchiwania. Dziedzina ta rozwinęła się dynamicznie również w naszym kraju wraz z miniaturyzacją elementów (SMD) i powszechną ich dostępnością. O tym w jaki sposób można bronić się przed niepożądanym podsłuchem traktuje artykuł.



Działanie wykrywaczy podsłuchów w praktyce:

Każdy nadajnik fal elektromagnetycznych charakteryzuje się tym że natężenie jego pola promieniowania jest tym większe, im znajdujemy się bliżej anteny nadajnika. Ma tu zastosowanie prawo odwrotnych kwadratów mówiące, że natężenie pola elektromagnetycznego maleje z kwadratem odległości. Zatem dwukrotny wzrost odległości od nadajnika powoduje czterokrotny spadek natężenia pola. Prawo to działa tak samo w drugą stronę. Dwukrotne zmniejszenie odległości od nadajnika powoduje czterokrotny wzrost natężenia pola, do tego stopnia że mając do czynienia z nadajnikiem o mocy 100 kW oddalonym od nas o kilka kilometrów i nadajnikiem miliwatowym znajdującym się w naszym mieszkaniu, zawsze w pobliżu wykrywanego nadajnika sygnał nadawany przez niego będzie silniejszy. Wykorzystując tą właściwość, wykonany został wykrywacz podsłuchów.

Najczęściej nadajniki podsłchowe są niezwykle małej mocy co ma na celu utrudnienia ich wykrycia. Z drugiej strony mała moc pozwala też wydłużyć czas pracy dzięki oszczędności zasilania. Wszak urządzenia te pracują na własnym, bateryjnym zasilaniu. Jednak w pobliżu nawet najbardziej schowanego nadajnika o najmniejszej mocy, można wykryć pole elektromagnetyczne emitowane przez jego obwód antenowy. W zasadzie jest to tylko kwestia precyzji przeszukania pomieszczenia.

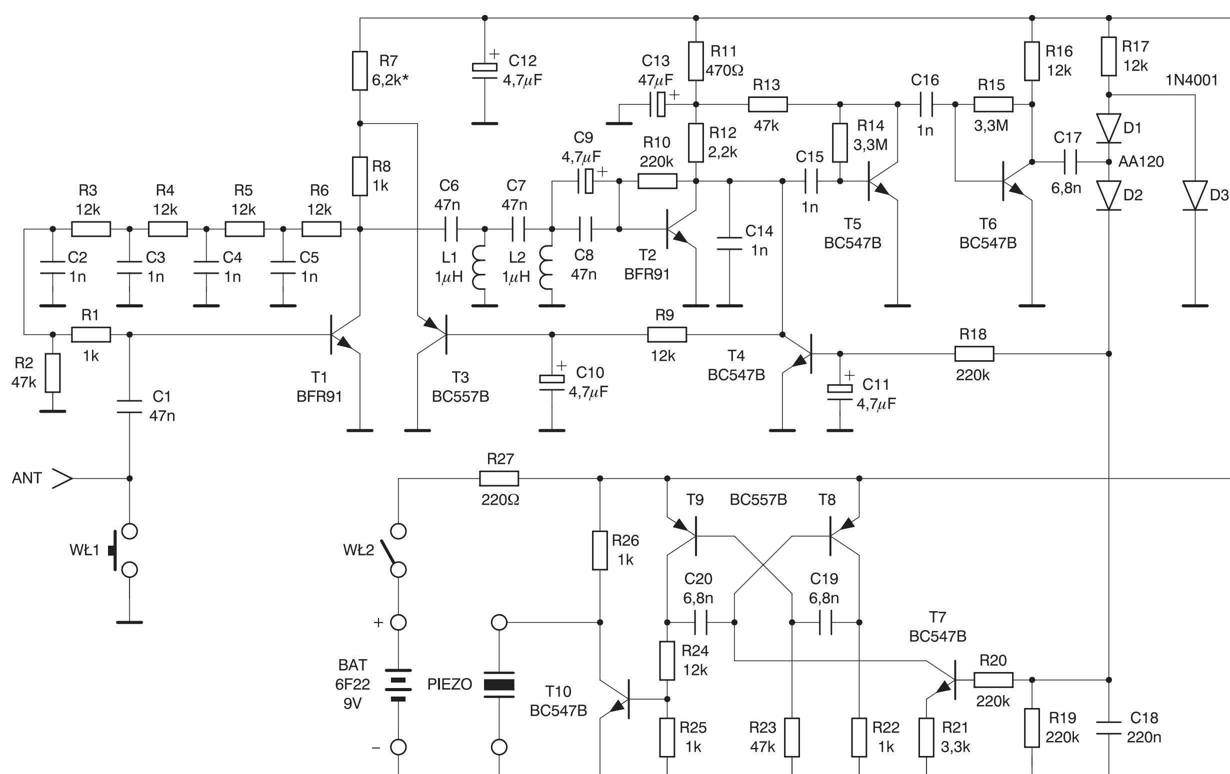
Prezentowany wykrywacz podsłuchów, odbierając szerokie widmo częstotliwości począwszy od 20 MHz aż do 2 GHz, sygnalizuje dźwiękiem o niskim tonie fakt odbioru sygnałów słabych, co najczęściej się zdarza (stacje radiofoniczne, TV i inne nie nadające z naszego mieszkania). Przeszukując podejrzane pomieszczenie, to znaczy chodząc z włączonym wykrywaczem po tym pomieszczeniu, szukamy miejsca, w którym usłyszymy dobiegający z wykrywacza wyższy ton dźwięku, zwiększający się w miarę zbliżania się do podsłuchu. Gdy będziemy już blisko miejsca umieszczenia urządzenia podsłuchowego, ciągły ton zamieni się w „ćwierkający”. Zlokalizowane miejsce należy bardzo dokładnie przeszukać.

Opisane powyżej reakcje wykrywacza wystąpią tylko w przypadku gdy w pomieszczeniu jest zainstalowany czynny podsłuch. Oczywiście może zdarzyć się tak, że lokalny sygnał z telefonu komórkowego lub od nadajnika sąsiada- CB-isty spowoduje przekłamania w działaniu wykrywacza. Wówczas jednak silny sygnał odzwierciedlany przez wykrywacz jako ćwierkanie, będzie syszalny na większym obszarze. Obniżając czułość wykrywacza, możemy wykryć również te urządzenia. Ta funkcja jest szczególnie przydatna przy wykrywaniu podsłuchu za pośrednictwem telefonu komórkowego.

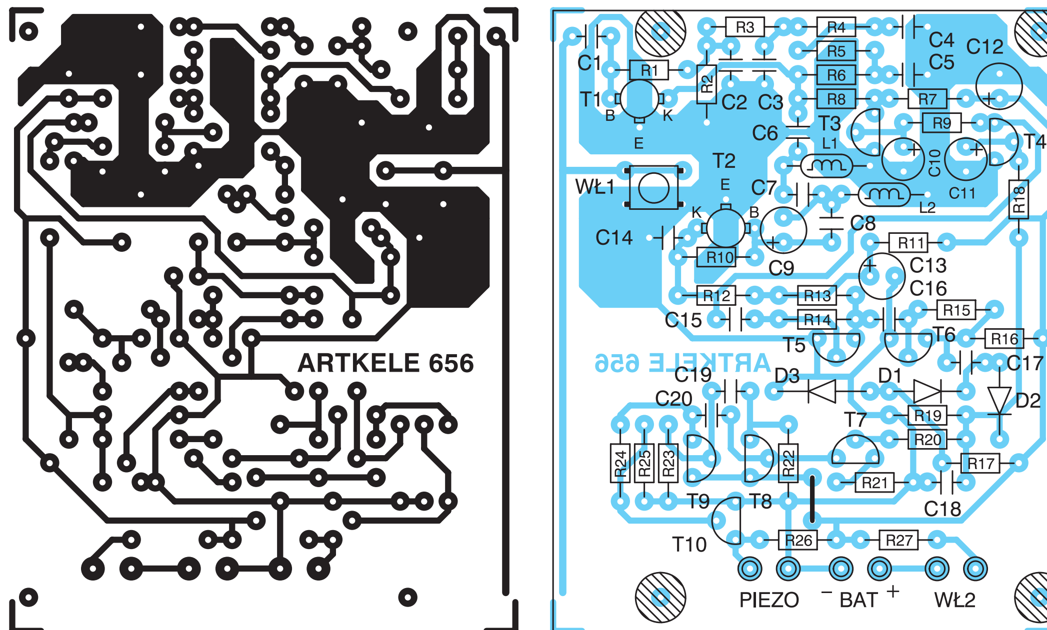
Opis układu

Po włączeniu przełącznika WŁ2 doprowadzone zostaje zasilanie do układów wykrywacza. Dodatkowo przyciśnięcie mikrowłącznika WŁ1 dołącza do wejścia antenę wykonaną w postaci ścieżki zwiększając tym samym czułość, co ułatwi poszukiwanie urządzenia podsłuchowego o małym poziomie emitowanej mocy. Sygnały wysokiej częstotliwości dochodzące poprzez włączoną antenę lub bezpośrednio do bazy tranzystora BFR 91 (T1), są przez ten tranzystor wzmacniane i modulowane sygnałem małej częstotliwości. Sygnał sinusoidalny małej częstotliwości generowany jest w układzie przesuwnika fazowego R3÷R6, C2÷C5. Modulacja wynika stąd że wzmacniacz w.cz. pracuje jednocześnie jako generator m.cz.

Zmodulowane przebiegiem m.cz, wzmocnione sygnały w.cz. przesyłane są przez górnoprzepustowy filtr w.cz. składający się z elementów C6, L1, C7, L2 do



Rys. 1 Schemat ideowy wykrywacza podsłuchów



Rys. 2 Płytka drukowana i rozmieszczenie elementów

czułego detektora AM. Detektor ten wykonany jest na następnym tranzystorze BFR 91 (T2). W celu obniżenia jego szumów własnych tranzystor T2 ma bazę uziemioną do masy dla sygnałów m.cz za pomocą kondensatora tantalowego 4,7 μF za pośrednictwem indukcyjności L2 stanowiącej w/w filtr górnoprzepustowy. Wynikiem detekcji jest sygnał m.cz o poziomie zależnym od poziomu docierających do wykrywacza sygnałów w.cz.

Sygnał ten wzmacniany jest przez dwutranzystorowy wzmacniacz m.cz. składający się z tranzystorów T5 i T6. Wzmocniony sygnał m.cz ponownie jest poddany detekcji. Tym razem detektorem (już silnego sygnału) są dwie diody germanowe D1 i D2 pracujące w układzie podwajacza napięcia, spolaryzowane wstępnie napięciem odłożonym na diodzie krzemowej D3.

Z detektora napięcie zależne od poziomu odbieranych sygnałów steruje dwa stopnie. Jednym z nich jest generator

m.cz. (T8 i T9) o częstotliwości zależnej od napięcia doprowadzonego z detektora, który steruje bezpośrednio przetwornikiem piezoelektrycznym. Zmiana częstotliwości pracy generatora dokonuje się poprzez zmianę wypadkowej rezystancji w obwodzie bazy tranzystora T9, którą tworzy tranzystor T7. Rezystancja ta zależna jest od poziomu wysterowania tranzystora T9.

Drugim stopniem jest układ ARW z tranzystorami T3 i T4. Zadaniem układu ARW jest zwiększenie zakresu dynamiki wykrywacza, zapobiegające szybkiemu przesterowaniu odbiornika.
Parametry częstotliwościowe sprzężenia zwrotnego ARW zostały dobrane w taki sposób, że gdy zastanie odebrany bardzo silny sygnał i następować będzie przesterowanie wykrywacza, pętla ARW zacznie się wzbudzać z częstotliwością około 3 Hz. Stąd sygnał m.cz docierający do detektora diodowego będzie tą częstotliwością modulowany, co objawi się „ćwierkającym” sygnałem akustycznym.

Ze względu na duży rozrzut wartości wzmocnienia prądowego tranzystorów w.cz. rezystor R7 może wymagać dobrania, tak aby układ generatora m.cz. działał poprawnie.

Układ mieści się na płytce drukowanej, która pasuje do plastikowej obudowy KM-33B. Mikrowłącznik WŁ1 powinien posiadać długi trzpień sterujący, tak aby wystawał nieco ponad przednią płytę obudowy.

Wykaz elementów:

Półprzewodniki	
T1, T2	– BFR 91
T3, T8, T9	– BC 557B
T4÷T7, T10	– BC 547B
D1, D2	– AAP 120 (germanowe)
D3	– 1N4007
Rezystory	
R27	– 220 Ω/0,125 W
R11	– 470 Ω/0,125 W
R1, R8, R22, R25, R26	– 1 kΩ/0,125 W
R12	– 2,2 kΩ/0,125 W
R21	– 3,3 kΩ/0,125 W
R7*	– 6,2 kΩ/0,125 W
R3÷R6, R9, R16, R17, R24	– 12 kΩ/0,125 W
R2, R13, R23	– 47 kΩ/0,125 W
R10, R18÷R20	– 220 kΩ/0,125 W
R14, R15	– 3,3 MΩ/0,125 W
Kondensatory	
C2÷C5, C14÷C16	– 1 nF/50 V ceramiczny
C17, C19, C20	– 6,8 nF/50 V ceramiczny
C1, C6÷C8	– 47 nF/50 V ceramiczny
C18	– 220 nF/63 V MKSE-20
C9	– 4,7 μF tantalowy
C10÷C12	– 4,7 μF/25 V
C13	– 47 μF/16 V
Inne	
L1, L2	– 1 μH miniaturowy
PIEZO	– głośniczek piezoelektryczny
WŁ1	– mikrowełącznik
WŁ2	– przełącznik suwakowy
BAT1	– bateria 6F22
OB	– obudowa KM 33-B
płytka drukowana numer 656	

Płytki drukowane wysyłane są za zaliczeniem pocztowym. Płytki można zamawiać w redakcji PE.
Cena: płytka numer 656 – 6,80 zł
+ koszty wysyłki (11 zł).

◊ *Piotr Krzyżanowski*

Komputer do pomiaru zużycia paliwa w samochodzie cz. 2

Na wstępie drugiej części artykułu pragniemy podkreślić (co nie było zaznaczone wyraźnie w pierwszej części), że urządzenie nie wymaga stosowania żadnych elementów mechanicznych ani ingerencji w obwód zasilania paliwa – jest wiec niedrogim i bezpiecznym rozwiązaniem. W tej części artykułu prezentujemy opis obsługi programu, kalibracji i montażu urządzenia.

Obsługa programu

Do obsługi programu przewidziane zostały dwa klawisze K1 i K2 oraz wyświetlacz LED lub LCD (w zależności od wersji wykonania).

Program zasadniczo może pracować w trzech trybach: pomiarowym, programowania i kalibracji. W trybie pomiarów prezentowane są pożądane przez użytkownika wielkości. Tryb programowania wykorzystywany jest tylko do ustawienia stałych programu będących podstawą wykonywanych pomiarów. Ostatni z trybów pracy służy do kalibracji podstawowych parametrów urządzenia, które zależą od konstrukcji samochodu i muszą zostać wyznaczone w ściśle określony sposób. Zasadę obsługi komputerka za pomocą klawiszy przedstawiono w Tabeli 1.

W trybie pomiarowym możliwe jest wyświetlanie ośmiu różnych wielkości:
- Chwilowe zużycie paliwa
- Średnie zużycie paliwa
- Liczba kilometrów, które samochód przejedzie na pozostałej w zbiorniku i lości paliwa
- Średnia prędkość jazdy
- Średnia prędkość podróży
- Czas jazdy
- Czas podróży
- Prędkość maksymalna

W wersji LED informacji o aktualnie wyświetlanej wielkości dostarcza osiem diod LED z prawej strony wyświetlaczy. Diody D5 ÷ D12 służą do sygnalizacji wyświetlanej wielkości zgodnie z opisem przedstawionym w Tabeli 3.

W wersji LCD informacja o aktualnie wyświetlanej wielkości uwidoczniona jest na wyświetlaczu w postaci symbolu (literowego oznaczenia).

W trybie pomiarowym przełączanie aktualnie wyświetlanej wielkości odbywa się sekwencyjnie po naciśnięciu klawisza K1. Wciśniecie klawisza K2 na czas dłuższy niż 2 sekundy spowoduje skasowanie (zainicjowanie) aktualnie wyświetlanej wielkości. Jednoczesne wciśnięcie, w trybie pomiarowym, klawiszy K1 i K2 na czas dłuższy niż 2 sekundy spowoduje zresetowanie wszystkich mierzonych wielkości (zainicjowanie komputerka), stałe wprowadzone w procesie kalibracji/programowania nie zostaną jednakże skasowane.

W trybie programowania użytkownik ma możliwość ustawienia następujących wielkości:
– Pojemność zbiornika paliwa w litrach
– Liczba cylindrów
– Stała wtrysku*
– Stała drogi*

*) – wielkości te można wprowadzić ręcznie (pod warunkiem, że zostały wcześniej odczytane w poprawnie skalibrowanym układzie) lub mogą zostać obliczone automatycznie w procesie kalibracji

Ustawienie żądanej wielkości przebiega następująco. Po przejściu do trybu programowania miga najbardziej znacząca cyfra nastawy. Klawiszem K2 dokonujemy zmiany wartości danej cyfry (po wciśnięciu klawisza wartość jest zwiększana o jeden. Po osiągnięciu wartości maksymalnej zostaje ona automatycznie wyzerowana). Wciskając klawisz K1 (na czas krótszy niż 2 sekundy) powodujemy wybór kolejnej cyfry. Po ustawieniu wszystkich cyfr, kolejne wciśnięcie klawisza K1 powoduje przejście do następnego parametru.

Kalibracja

Proces kalibracji jest kluczowy do poprawnego działania urządzenia. Dlatego należy przeprowadzić ją uważnie i zgodnie z poniższym opisem. Podczas kalibracji definiowane są dwie stałe będące podstawą we wszystkich późniejszych pomiarach. Stała drogi obliczana jest po przejechaniu dokładnie 10,0 km od chwili rozpoczęcia procesu kalibracji. Druga stała – wtryskiwaczy, obliczana jest po przejechaniu większej liczby kilometrów i ponownym zatankowaniu. Należy wówczas podać ilość zatankowanego paliwa z dokładnością do 0,1 litra.

Inna ważna wielkością, niezbędną do poprawnego obliczania wartości K, jest pojemność zbiornika paliwa (Z). W trybie programowania wartości Z (przejście z trybu pomiarowego po wciśnięciu klawisza K1 dłużej niż 2 sekundy) należy wprowadzić podaną w instrukcji samochodu pojemność zbiornika paliwa.

Kolejnym parametrem istotnym dla poprawnego przeprowadzania pomiarów jest liczba cylindrów (Lc). Wprowadza się ją również ręcznie w trybie programowania.

Po pierwszym włączeniu układu, przygotowanie urządzenia do pracy przebiega dwuetapowo. W pierwszej kolejności, ustawiamy pojemność

Tabela 1

Tryb	Wyświetlana wielkość	Oznaczenie	Akcja wykonana po wciśnięciu klawisza(y)				
			K1 < 2s	K1 > 2s	K2 < 2s	K2 > 2s	(K1+K2) > 2s
Pomiar	Chwilowe zużycie paliwa	Pc	→ Pś	→ Z (tryb programowania)	-	-	Kasowanie Pś, K, Vj, Vp, Tj, Tp, Vm, Pc
	Średnie zużycie paliwa	Pś	→ K			Kasowanie Pś	
	Liczba kilometrów, które samochód przejedzie na pozostałej w zbiorniku ilości paliwa	K	→ Vj			Inicjalizacja K[1]	
	Średnia prędkość jazdy	Vj	→ Vp			Kasowanie Vj	
	Średnia prędkość podróży	Vp	→ Tj			Kasowanie Vp, Tp[2]	
	Czas jazdy	Tj	→ Tp			Kasowanie Tj	
	Czas podróży	Tp	→ Vm			Kasowanie Tp, Vp	
	Prędkość maksymalna	Vm	→ Pc			Kasowanie Vm	
Programowanie	Pojemność zbiornika paliwa	Z	→ W	→ Pc (tryb pomiaru)	Ustawianie Z	-	→ L (tryb kalibracji)
	Liczba cylindrów	Lc	→ Z		Ustawianie Lc		
	Stała drogi	D	→ Lc		Ustawianie D		
	Stała wtrysku	W	→ D		Ustawianie W		
Kalibracja	Ilość spalonego paliwa	S	-	Kalibracja przetwornika drogi[3]	Ustawianie S[4]		→ Pc (tryb pomiaru)

[1] – Należy wcisnąć po napełnieniu zbiornika paliwa – patrz opis kalibracji
[2] – Średnia prędkość podróży i czas podróży to pomiary wzajemnie zależne dlatego są zawsze kasowane jednocześnie
[3] – Należy wcisnąć po przejechaniu 10,0 km – patrz opis kalibracji
[4] – Należy wcisnąć po przejechaniu w miarę dużej liczby kilometrów i ponownym zatankowaniu – patrz opis kalibracji

Tabela 2

Tryb	Wyświetlana wielkość	Oznaczenie	Zakres wielkości	Wyświetlacz LED	Wyświetlacz LCD
Pomiaru	Chwilowe zużycie paliwa	Pc	0,1 ÷ 99,9 [l/100 km]	99.9	Pc 99,9 L/100 km
	Średnie zużycie paliwa	Pś	0,1 ÷ 99,9 [l/100 km]	99.9	Pś 99,9 L/100 km
	Liczba kilometrów, które samochód przejedzie na pozostałej w zbiorniku ilości paliwa	K	1 ÷ 1999[5] [km]	999	K 1999 km
	Średnia prędkość jazdy	Vj	1 ÷ 299 [km/h]	299	Vj 299 km/h
	Średnia prędkość podróży	Vp	1 ÷ 299 [km/h]	299	Vp 299 km/h
	Czas jazdy	Tj	0:01 ÷ 9:59 [godz.:min.]	9.59	Tj 99:59
			10:00 ÷ 99:59 [godz.:min.]	99.5	
	Czas podróży	Tp	0:01 ÷ 9:59 [godz.:min.]	9.59	Tp 99:59
			10:00 ÷ 99:59[6] [godz.:min.]	99.5	
	Prędkość maksymalna	Vm	1 ÷ 299 [km/h]	299	Vm 299 km/h
Programowanie[7]	Pojemność zbiornika paliwa (w litrach)	Z	0,1 ÷ 99,9 [l]	99.9	Z 99,9 L
	Liczba cylindrów	Lc	1 ÷ 8	8	Lc 8
	Stała wtrysku	W	0 ÷ 999	999	W 999
	Stała drogi	D	0 ÷ 999	999.	D 999
Kalibracja	Ilość spalonego paliwa (w litrach)	S	0,1 ÷ 99,9 [l]	99.9	S 99,9 L

[5] – Wartość wskazywana przez wyświetlacz LED jest ograniczona do 999 km

[6] – Dokładność wskazań dla wyświetlaczy LED jest ograniczona do 10 minut dla czasów większych od 10 godzin

[7] – Aktualnie ustawiana cyfra miga z częstotliwością 2 Hz

Tabela 3 Sygnalizacja wyświetlanej wielkości za pomocą diod LED (dla wersji z wyświetlaczem LED)

Dioda nr	Wyświetlana wielkość
D5	Chwilowe zużycie paliwa (Pc)
D6	Średnie zużycie paliwa (Pś)
D7	Liczba kilometrów, które samochód przejedzie na pozostałej w zbiorniku ilości paliwa (K)
D8	Średnia prędkość jazdy (Vj)
D9	Średnia prędkość podróży (Vp)
D10	Czas jazdy (Tj)
D11	Czas podróży (Tp)
D12	Prędkość maksymalna (Vm)

zbiornika paliwa po uprzednim przejściu do trybu programowania (klawisz K1 wciśnięty przez min. 2 sekundy). Następnie po zatankowaniu do pełna zbiornika paliwa rozpoczynamy proces kalibracji poprzez jednoczesne wciśnięcie klawiszy K1 i K2 przez min. 2 sekundy[8]. Teraz w pierwszej kolejności przeprowadzimy kalibrację przetwornika drogi. W tym celu po przejechaniu dokładnie 10,0 km (należy uprzednio wyzerować samochodowy licznik przebiegu dziennego) wciskamy klawisz K1 i przytrzymujemy przez min. 2 sekundy. Układ potwierdzi zakończenie kalibracji przetwornika drogi jednokrotnym mignięciem wyświetlanej wartości.

Następnie po przejechaniu dowolnej, ale dość dużej liczby kilometrów, tak aby zużyć prawie całe paliwo, należy zajechać na stację benzynową i zatankować do pełna zbiornik paliwa. Po zatankowaniu należy wpisać liczbę zatankowanych litrów z dokładnością do 0,1 l. Proces kalibracji kończy się po jednoczesnym wciśnięciu włączników K1 i K2 przez min. 2 sekundy. Komputerek potwierdzi zakończenie kalibracji jednokrotnym mignięciem wyświetlanej wartości, układ wraca do trybu pomiarów i jest gotowy do użycia.

Wartości Z (pojemność zbiornika paliwa) oraz obliczone w procesie kalibracji stałe drogi i wtryskiwaczy są pamiętane w nieulotnej pamięci EEPROM. Dane te są wiec pamiętane nawet po odłączeniu układu od zasilania. Jednakże w celu ułatwienia ewentualnej powtórnej konfiguracji urządzenia kalibracja nie jest konieczna jeżeli użytkownik zna wartości stałej drogi i stałej wtrysku – wartości te można wprowadzić ręcznie w trybie programowania.

Uwagi ogólne

Układ jest zasilany nieprzerwanie. Przechodzi on do stanu czuwania 30 sekund po zatrzymaniu samochodu mierząc jednak czas. W stanie czuwania wyłączane jest wyświetlanie wyników. Wciśnięcie dowolnego z klawiszy powoduje przywrócenie wyświetlania na 30 sekund. W czasie czuwania układ pobiera około 6 mA prądu.

Wszystkie pomiary (za wyjątkiem Vm) są uaktualniane kilka razy na sekundę. Wartość prędkości maksymalnej (Vm) jest porównywana z prędkością chwilową co 1 sekundę i uaktualniona, jeżeli ta druga jest większa.

Dokładność pomiaru w dużej mierze zależy od dokładności kalibracji. Przy poprawnie skalibrowanym układzie jest lepsza niż 5%.

Wartość K (liczba kilometrów jakie samochód przejedzie na pozostałej w zbiorniku ilości paliwa) jest obliczana na podstawie średniego zużycia paliwa może być więc obarczona większym błędem zależnym od dynamiki jazdy.

Po włączeniu zasilania, jeżeli układ nie został wcześniej skalibrowany będzie wyświetlał komunikat o braku kalibracji:

- - - (LED)

Brak kalibracji (LCD)

Po włączeniu zasilania urządzenie dokonuje diagnostyki pamięci EEPROM, jeżeli jest ona nieobecna lub uszkodzona zostanie wyświetlony komunikat o błędzie pamięci EEPROM:

Err (LED)

EEPROM uszkodz. (LCD)

W takim wypadku pamięć EEPROM US3 należy wymienić na nową.

Uwagi montażowe

W wersji LCD wyłączniki należy podłączyć zgodnie ze schematem. Do tego celu można wykorzystać fragment istniejącej płytki drukowanej lub klawisze zamontować na odcinku uniwersalnej płytki drukowanej.

Potencjometr P1 służy do regulacji kontrastu wyświetlacza. Jeżeli wyświetlacz LCD jest wyposażony w podświetlanie, należy je podłączyć indywidualnie, zgodnie ze specyfikacja (z reguły jest to podświetlanie diodami LED, choć spotyka się też inne rozwiązania).

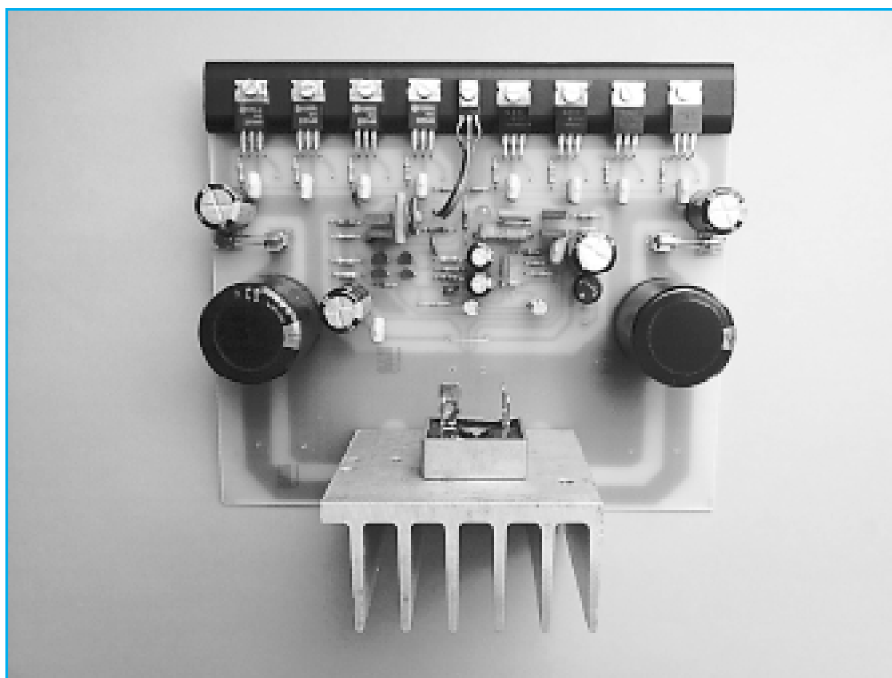
Na obudowie urządzenia warto diody D5 ÷ D12 (sygnalizujące wyświetlaną wielkość) opatrzyć stosownym oznaczeniem (lub przynajmniej symbolem wyświetlanej wielkości) zgodnie z opisem przedstawionym w tabeli 3. W wersji LED nie montujemy elementów R3 i P1.

◊ **Tomasz Kwiatkowski**

[8] – **Przejście do trybu kalibracji jest możliwe tylko z trybu programowania – por. Tabela 1**

Wzmacniacz mocy HEX MOSFET 350 W cz.1

Wzmacniacze mocy cieszą się szczególnym zainteresowaniem Czytelników. Tym razem postanowiliśmy przedstawić wzmacniacz w którym zastosowano tranzystory MOSFET. Większość wzmacniaczy estradowych od dużych mocach budowana jest właśnie na tego typu tranzystorach. Wzmacniacze dużej mocy stawiają przed budowniczym wysokie wymagania. Ze względu na bardzo duże napięcia zasilające urządzenia te nie są polecane do budowania przez mało doświadczonych elektroników.



Wady i zalety stosowania tranzystorów MOSFET we wzmacniaczach mocy

Do początku lat osiemdziesiątych tranzystory MOSFET produkowane były wyłącznie jako małosygnałowe o prądach drenu nie przekraczających kilku miliamperów. Wraz z rozwojem technologii półprzewodnikowej wprowadzono tranzystory VMOSFET osiągające zaskakująco dobre parametry. Wytrzymałość napięciowa nowoczesnych tranzystorów MOSFET dochodzi do olbrzymiej wartości 1000 V. Natomiast prądy drenu także są imponujące rzędu 70 A wartości stałej a 280 A wartości szczytowej. Wiele firm produkuje szeroką gamę tranzystorów zarówno z kanałem n jak i p na różnorodne napięcia i prądy.

Zakres napięć i prądów oraz szybkość działania predysponuje te elementy do stosowania we wzmacniaczach dużej mocy. Od tej strony nie ma praktycznie żadnych ograniczeń. Inną wielką zaletą tranzystorów MOSFET, o której dość rzadko wspomina się jest brak zjawiska wtórnego przebicia.

Tranzystory bipolarne dużej mocy charakteryzują się dużą powierzchnią półprzewodnika. Taki tranzystor można traktować jako wiele tranzystorów małej mocy połączonych równolegle. Cechą charakterystyczną tranzystorów bipolarnych jest dodatni współczynnik prądu kolektora dla stałej wartości napięcia baza-emiter. Ze względu na niejednorodność produkowanych półprzewodników w tranzystorze powstają obszary o nieco wyższej temperaturze. Można po prostu uznać, ze jeden lub kilka małych tranzystorów składających się na jeden duży zaczyna się bardziej nagrzewać. Powoduje to, że przez kolektory tych tranzystorów zaczyna płynąć większy prąd niż przez pozostałe tranzystory. Powstaje dodatnie, cieplne sprzężenie zwrotne doprowadzające do lawinowego wzrostu prądu i w konsekwencji uszkodzenia tranzystora – zjawiska wtórnego przebicia. Z tego też względu obszar bezpiecznej pracy SOAR jest ograniczony linią której przekroczenie grozi uszkodzeniem. Zmniejsza to obszar pracy tranzystora bipolarnego i jest niebezpieczne we wszelkich sytuacjach awaryjnych jakie mogą wystąpić we wzmacniaczu.

W tranzystorach MOSFET, które charakteryzują się ujemnym współczynnikiem temperaturowym, zjawisko wtórnego przebicia nie występuje. Drugą zaletą jest dodatni współczynnik temperaturowy rezystancji kanału, co doprowadza do wyrównywania prądów kilku połączonych ze sobą równolegle tranzystorów.

Wielką zaletą MOSFET-ów jest bardzo duży zapas prądowy, który doskonale zabezpiecza tranzystory przed uszkodzeniem. W opisywanym wzmacniaczu tranzystory wytrzymują szczytowy prąd wyjściowy rzędu 150 A!!!

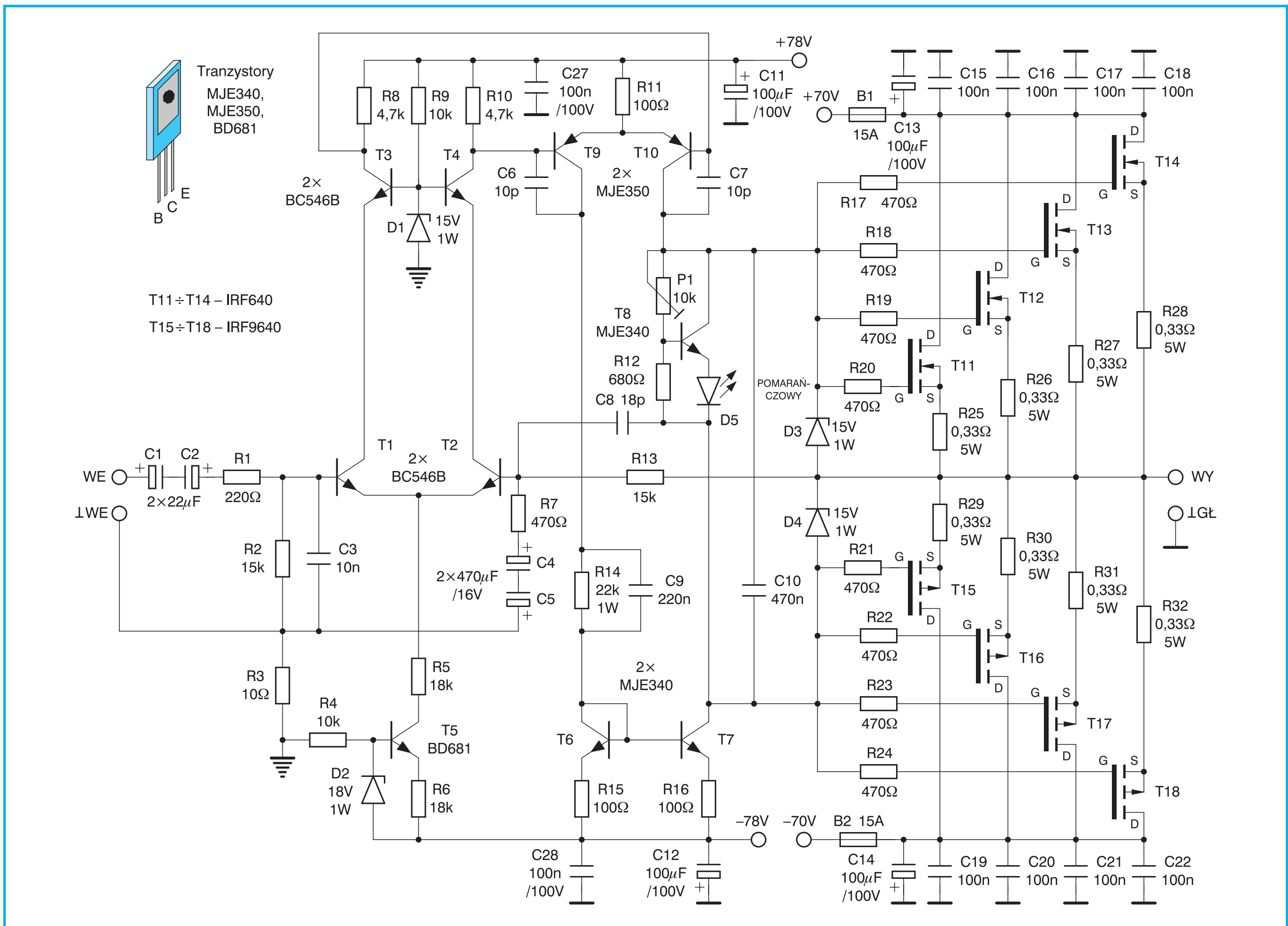
Jednakże tranzystory MOSFET mają także swoje wady. We wzmacniaczach mocy szczególnie kłopotliwym jest większe niż w przypadku tranzystora bipolarnego napięcie sterujące bramka-źródło. W pierwszym przypadku wartość U_{BE} nie przekracza z reguły wartości 0,8 V, zaś w MOSFET-ach trzeba się liczyć z napięciem U_{GS} rzędu pojedynczych woltów. Problem ten najczęściej rozwiązuje się stosując oddzielne, nieco wyższe napięcie zasilania stopni napięciowych i sterujących wzmacniacza.

Druga wada to gorsze (mniej liniowe) przejście z obszaru zatkania do obszaru liniowego pracy tranzystora. Wymaga to stosowania większych prądów spoczynkowych we wzmacniaczach pracujących w klasie AB.

Opis układu

Sam układ wzmacniacza mocy jest klasyczny. Na wejściu umieszczony jest stopień różnicowy T1 i T2 połączony kaskodowo z tranzystorami T3 i T4. Dla uzyskania możliwie dużej liniowości stopień różnicowy zasilany jest ze źródła prądowego T5, które dostarcza prąd o wartości ok. 1 mA. Diody Zenera D1 i D2 ustalają punkty pracy w taki sposób, aby na tranzystorach T1, T3 i T2, T4 nie występowało w żadnej sytuacji zbyt wysokie napięcie, grożące uszkodzeniem tych niskonapięciowych tranzystorów.

Wzmacniacz napięciowy zbudowany jest także w postaci pary różnicowej T9 i T10 obciążonej zwierciadłem prądowym T6 i T7. Także to rozwiązanie wpływa na



Rys. 1 Schemat ideowy wzmacniacza mocy

dużą liniowość stopnia napięciowego w szerokim zakresie częstotliwości, zapewniając jednocześnie bardzo duże wzmocnienie napięciowe.

Na tranzystorze T8 zbudowane jest źródło napięciowe polaryzujące wstępnie bramki tranzystorów MOSFET. Potencjometrem P1 można zmieniać wielkość tego napięcia ustawiając właściwy prąd spoczynkowy stopnia końcowego, który wynosi po 100 mA na każdy tranzystor, co jest wartością typową we wzmacniaczach MOSFET.

Tranzystor T8 pełni jednocześnie funkcję temperaturowej kompensacji napięcia U_{GS} tranzystorów mocy. Ze względu na inny współczynnik temperaturowy tranzystorów MOSFET niż tranzystorów bipolarnych układ kompensacji wyposażony jest w diodę LED D5 koloru pomarańczowego. W efekcie czego całość zapewnia właściwą kompensację temperaturową.

Stopnie napięciowe zasilane są z wyższego napięcia niż stopień mocy. Pozwala to na wykorzystanie w pełni zakresu napięcia, gdyż tranzystory MOSFET mogą pracować bardzo blisko napięcia nasycenia. Dzięki temu poprawia się sprawność wzmacniacza, co ma niebagatelne znaczenie przy tak dużej mocy wyjściowej i związanej z nią mocy strat w tranzystorach końcowych.

W stopniu końcowym pracują komplementarne tranzystory HEX MOSFET. Ze względu na niską wytrzymałość napięciową obwodu bramki tranzystorów MOSFET konieczne jest ich zabezpieczenie przed przekroczeniem maksymalnego napięcia U_{GS}. Rolę zabezpieczenia spełniają diody Zenera D3 i D4.

W źródłach tranzystorów mocy umieszczono niewielkie rezystory R25÷R32. Ich zadaniem z jednej strony jest linearyzacja stopnia końcowego, z z drugiej poprawiają rozkład prądów pomiędzy tranzystory mocy, które nie muszą być kompletowane w czwórki. Wystarczy aby tranzystory pochodziły z jednej partii produkcyjnej.

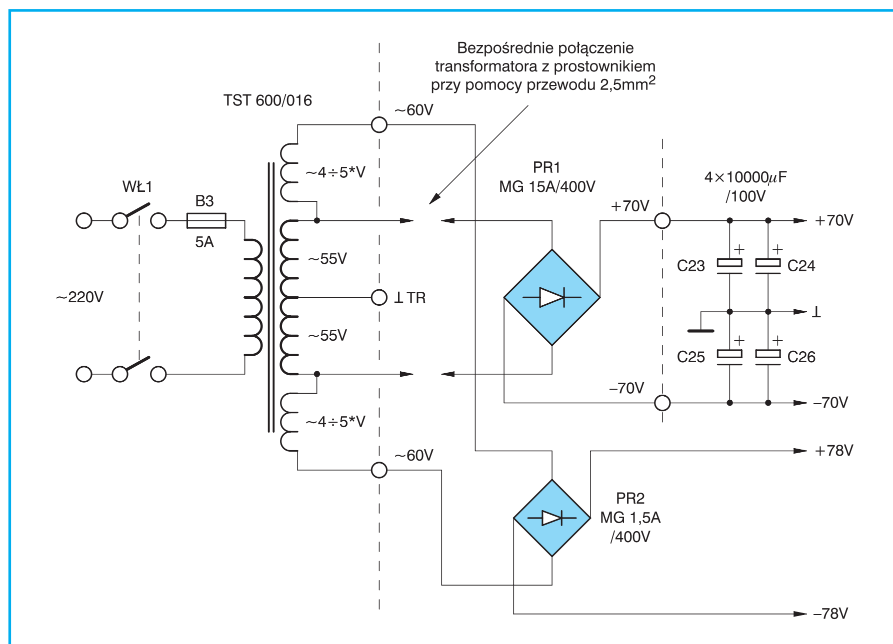
Ze względu na dużą przeciążalność prądową stopnia końcowego do zabezpieczenia wzmacniacza przed skutkami zwarcia wyjścia do masy w zupełności wystarczą bezpieczniki topikowe B1 i B2.

Do zasilania wzmacniacza zastosowano transformator toroidalny o mocy 600 VA. W zasilaczu stopnia mocy znajdują się cztery potężne kondensatory elektrolityczne o pojemności 10000 µF i napięciu znamionowym 80 V. Pozwala to uzyskać moc rzędu 350 W sinus przy obciążeniu 4 Ω, dochodzącą do 600 W mocy muzycznej. Dla impedancji obciążenia 8 Ω moc sinus osiąga wartość 200 W sinus, przy mocy muzycznej 350 W. W przypadku pracy wyłącznie z obciążeniami 8 Ω można zastosować tylko dwa kondensatory w filtrze zasilacza stopnia mocy.

Zniekształcenia nieliniowe nie przekraczają 0,1% w całym zakresie mocy. Pasmo przenoszenia przy spadku 3 dB wynosi 4 Hz do 50 kHz.

Montaż i uruchomienie

Elementy wzmacniacza oraz zasilaczy znajdują się na jednej płytce drukowanej, co znacznie upraszcza całą konstrukcję.



Rys. 2 Schemat ideowy zasilacza

W pierwszej kolejności trzeba przystąpić do prac mechanicznych. W zasadzie należy wykonać dwa elementy. Pierwszy to wyciąć i zamontować radiator prostownika PR1. Nie ma tu co oszczędzać na wymiarach radiatora, gdyż prostownik zwłaszcza dla obciążeń 4 Ω silnie rozgrzewa się.

Drugim elementem jest wycięcie i powiercenie kątownika aluminiowego który zamocowany jest pod tranzystorami mocy (patrz zdjęcie na wstępie artykułu). Dzięki takiemu rozwiązaniu wzmacniacz stanowi zwartą konstrukcję, którą później przykręca się do właściwego radiatora. Kątownik powinien być jak najgrubszy, wskazane jest 6 mm. Przy braku takowego można zrobić kątownik z grubej blachy aluminiowej lub złożyć z dwóch cieńszych kątowników. Oczywiście połączenie trzeba posmarować smarem silikonowym. Pod wszystkie tranzystory mocy należy włożyć podkładki izolacyjne.

Dla uzyskania dodatkowego napięcia do zasilania stopni napięciowych można na transformatorze TS1 nawinąć przewodem dwużyłowym 16÷20 zwojów. Następnie dodatkowe uzwojenie należy połączyć z uzwojeniem wtórnym tak aby dodatkowe napięcia dodawały się do napięć głównych. Połączenia uzwojeń głównych transformatora z prostownikiem należy wykonać grubym przewodem 4 mm². Takim samym przewodem wykonuje się połączenia prostownika z płytą drukowaną. Ścieżki drukowane w obrębie kondensatorów elektrolitycznych filtru i prostownika należy pogrubić drutem.

Rezystory 0,33 Ω montowane są po stronie druku.

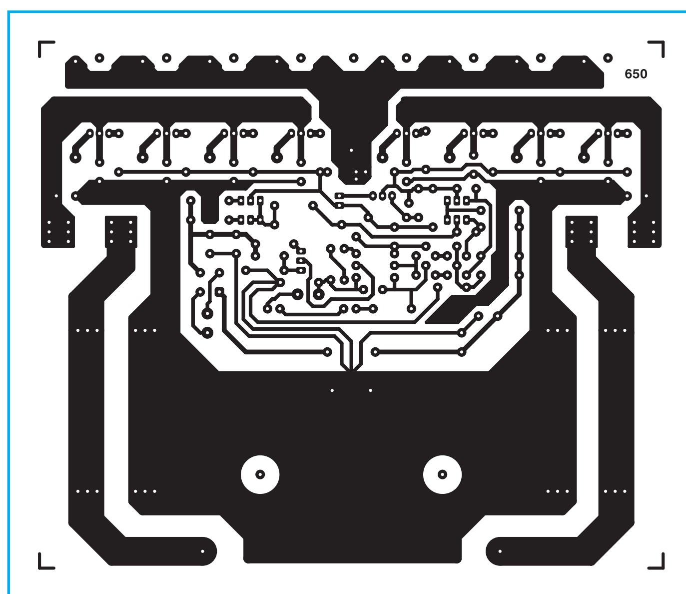
Po zamontowaniu wszystkich elementów kompletny wzmacniacz można przykręcić do radiatora. Należy zastosować największy dostępny radiator. Powinien on zapewniać rezystancję termiczną mniejszą niż 0,5°C/W. Wskazane jest wyposażenie radiatora we wspomagający wentylator.

Podczas uruchamiania, które nie powinno sprawiać żadnych kłopotów koniecznie trzeba zachować dużą ostrożność. Wzmacniacz zasilany jest napięciem ±70 V co łącznie daje 140 V. Podczas pierwszego uruchamiania zamiast bezpieczników B1 i B2 trzeba wlutować rezystory o wartości 22÷33 Ω/5 W. W przypadku jakichkolwiek problemów zabezpieczą one stopień mocy. Należy także zastosować sztuczne obciążenie w postaci grupy rezystorów o wypadkowej rezystancji 4 Ω i mocy minimum 50 W. Podczas testów na pełnej mocy rezystory można umieścić w naczyniu z wodą. Potencjometr P1 powinien być skręcony na minimum rezystancji tak aby stopień końcowy pracował z minimalnym prądem spoczynkowym.

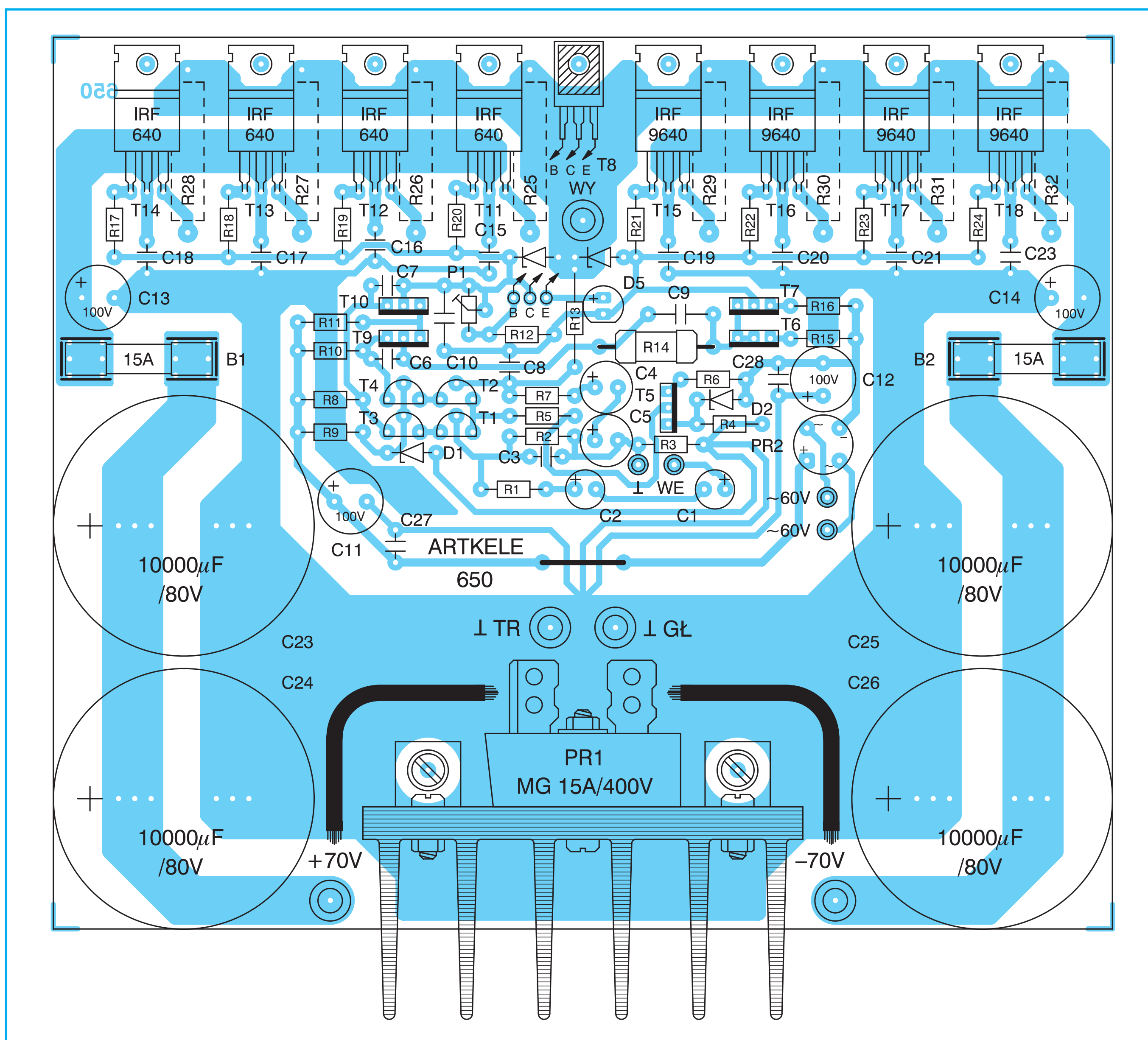
Po włączeniu napięcia zasilania należy zmierzyć spadek napięcia na pomocniczym rezystorze 22 Ω. Przy pomocy potencjometru P1 ustawia się spadek napięcia na wartość 13 V co odpowiada prądowi stopnia końcowego równemu 400 mA (po 100 mA na każdy tranzystor mocy). Można też sprawdzić wartość prądu spoczynkowego każdego tranzystora osobno, mierząc spadek napięcia na rezystorach źródłowych 0,33 Ω. Wartości spadku napięcia na rezystorach mogą się różnić pomiędzy sobą nawet o ponad 50%, jest to normalne.

Jeżeli przez któryś z tranzystorów nie płynie żaden prąd, tranzystor należy wymienić na inny egzemplarz. Można zetknąć się też z inną sytuacją, że przez któryś tranzystor płynie całe 400 mA prądu spoczynkowego. W takim przypadku także należy wymienić tranzystor.

Jeżeli wszystko działa poprawnie po wyłączeniu napięcia zasilania rezystory pomocnicze zastępuje się bezpiecznikami 15 A i można wypróbować wzmacniacz na pełnej mocy wyjściowej. Pracę z kolumnami można rozpocząć dopiero po zbudowaniu układu zabezpieczeń, który zostanie opisany w drugiej części artykułu.



Rys. 3 Płytka drukowana skala 1:2



Rys. 4 Płytka drukowana i rozmieszczenie elementów

Wykaz elementów:

Półprzewodniki

T1÷T4	– BC 546B
T5	– BD 681
T6÷T8	– MJE 340
T9, T10	– MJE 350
T11÷T14	– IRF 640
T15÷T18	– IRF 9640
D1, D3, D4	– Zenera 15 V/1 W
D2	– Zenera 18 V/1 W
D5	– LED pomarańczowy
PR1	– MG 15A/400 V
PR2	– MG 1,5 A/400 V

Rezystory

R25÷32	– 0,33 Ω/5 W
R3	– 10 Ω/0,25 W
R11, R15, R16	– 100 Ω/0,25 W
R1	– 220 Ω/0,25 W
R7, R17÷R24	– 470 Ω/0,25 W
R12	– 680 Ω/0,25 W
R8, R10	– 4,7 kΩ/0,25 W
R4, R9	– 10 kΩ/0,25 W
R2, R13	– 15 kΩ/0,25 W
R5, R6	– 18 kΩ/0,25 W
R14	– 22 kΩ /2 W
P1	– 10 kΩ TVP 1232

Kondensatory

C6, C7	– 10 pF/50 V ceramiczny
C8	– 18 pF/50 V ceramiczny
C3	– 10 nF/50 V ceramiczny
C15÷C22, C27, C28	– 100 nF/100 V MKSE-20
C9	– 220 nF/250 V MKSE-20
C10	– 470 nF/50 V MKSE-20
C1, C2	– 22 μ/25 V
C4, C5	– 470 μF/16 V
C11÷C14	– 100 μF/100 V
C23*÷C26*	– 10000 μF/80 V, patrz opis w tekście

Inne

TR1	– TST 600/016

płytka drukowana numer 650

Płytki drukowane wysyłane są za zaliczeniem pocztowym. Płytki można zamawiać w redakcji PE.

Cena: płytka numer 650 – 25,50 zł + koszty wysyłki (11 zł).

◊ *Tomasz Szymaniuk*

Wykaz płytek drukowanych, układów programowanych i innych elementów

Poniżej prezentujemy aktualny cennik płytek drukowanych, układów zaprogramowanych, programów, folii i innych podzespołów dostępnych w sprzedaży wysyłkowej w „Praktycznym Elektroniku”. **Koszty wysyłki wynoszą 11 zł.** Ceny płytek podane przy artykułach w archiwalnych numerach oraz na płytach CD–PE1 i CD–PE2 są nieaktualne.

Zamówienia przyjmujemy na kartach pocztowych, kuponach zamieszczanych w PE, faksem numer **0(prefiks)68 451–02–70**, e–mailem (**reklama@pe.com.pl**) i na formularzu na naszej stronie **www.pe.com.pl**. W zamówieniu prosimy podawać dokładnie i wyraźnie swój adres a pod adresem tylko numery płytek lub nazwy programów i podzespołów i ich ilości. Nie przyjmujemy zamówień telefonicznie. Zamówienia od firm przyjmowane są tylko w formie pisemnej z upoważnieniem do wystawienia faktury VAT bez podpisu odbiorcy.

Płytki drukowane, zaprogramowane układy oraz inne elementy oznaczone w wykazie gwiazdką będą sprzedawane do wyczerpania zapasów magazynowych.

Aktualny wykaz archiwalnych numerów znajduje się przy karcie zamówień.

◊ ***Redakcja***

Cennik płytek drukowanych.

Nr	Nazwa	PE	cena
025*	Fonia czterocewkowa	1/93	0,64 zł
037*	Dekoder PAL TC 500D/E	3/93	1,54 zł
038*	Dekoder PAL R202/A	3/93	1,95 zł
041*	Zegar MC 1206 – wyświetlacz	2/93	2,35 zł
048*	Zegar MC 1206 – sekundy cyfrowe	3/93	2,38 zł
053*	Kwarcowy generator 50 Hz	4/93	1,27 zł
055*	Zasilacz do wzmacniacza antenowego	4/93	1,27 zł
064*	Tranzystorowy korektor graf. we/wy	6/93	1,41 zł
065*	Tranzystorowy korektor graf. Filtry	6/93	6,31 zł
071*	Fonia do odbioru programu POLONIA	5/93	0,78 zł
072*	Pływające światła – generator	6/93	1,27 zł
095	Radiotelefon na pasmo 27 MHz	9/93	2,53 zł
099*	Przetwornik f/U	10/93	4,40 zł
102	Korektor sygnału video	12/93	2,39 zł
105	Wzmacniacz mocy do radiotelefonu 27 MHz	11/93	1,27 zł
108	Wzmacniacz mocy 150 W	12/93	8,23 zł
111*	Automat losujący	1/94	3,42 zł
116*	Blokada tarczy telefonicznej	2/94	1,45 zł
120*	Termometr – zasilanie bateryjne	2/94	0,64 zł
124*	Dekoder Pal do OTVC Rubin 714	3/94	2,72 zł
127*	Bootselektor do Amigi	3/94	0,64 zł
130*	Spowalniacz do Amigi	4/94	0,73 zł
131*	Stół mikserski – wzmacniacz sumy	4/94	2,56 zł
133*	„Przedłużacz” do pilota	4/94	1,26 zł
165*	Obrotomierz cyfrowy – mnożnik	10/94	2,84 zł
170*	Lampa sygnalizacyjna	11/94	2,88 zł
171*	Symetryzator antenowy	11/94	1,74 zł
174*	Generator funkcyjny	12/94	2,61 zł
186*	Generator funkcyjny – płyta główna	1/95	11,40 zł
203*	Zdalne sterowanie oświetleniem	5/95	2,60 zł
208*	Mikrofon bezprzewodowy	6/95	1,69 zł
210	Mikroprocesorowy zegar sterownik	6/95	16,05 zł
212*	Alarm samochodowy – pilot	6/95	1,52 zł
213*	Alarm samochodowy – centralka	6/95	7,39 zł
214*	Alarm samochodowy – radiopowiadom.	7/95	3,91 zł
216*	Mikrofon bezprzewodowy – odbiornik	7/95	4,47 zł
223*	Przetwornik „True RMS”	9/95	1,01 zł
229*	Przystawka do efektu „TREMOLO”	10/95	0,96 zł
232*	Uniwersalna ładowarka akumul. Ni–Cd	10/95	3,19 zł
233*	Mikropr. miernik częst. – pł. głów.	10/95	3,39 zł
234*	Mikropr. miernik częst. – mikropr.	10/95	5,92 zł
235*	Mikropr. miernik częst. – wzm. wej.	11/95	5,92 zł
236*	Mikropr. miernik częst. – pł. przednia	11/95	7,37 zł
237*	Preskaler 1,3 GHz	12/95	1,27 zł
241*	Gwiazda betlejemska – diody	11/95	11,07 zł
242*	Gwiazda betlejemska – automatyka	11/95	2,81 zł
244*	Automatyczny wyłącznik do domofonu	12/95	0,91 zł
254	Super Bass	2/96	1,75 zł
255*	Elektroniczna ruletka	2/96	4,25 zł
258*	Regulator żarówek halogenowych	3/96	3,22 zł
263*	Generator szumu układy dodatkowe	4/96	1,34 zł
264*	Przetwornica +5 V na –5 V	4/96	1,84 zł
271*	Automat perkusyjny – generator	5/96	4,77 zł
273*	Automat perkusyjny – instrumenty	6/96	5,74 zł
274*	Automatyczny włącznik zapisu	6/96	0,69 zł
280*	Centralka domofonu – płyta przednia	8/96	1,32 zł
286*	Automat. wyłącznik ster. światłami	9/96	4,75 zł
290*	Intervox	10/96	1,60 zł
292	Przetwornica DC/DC 12V/±30V	10/96	7,22 zł
294*	Kontroler stanu akum. samochodowego	10/96	1,27 zł
296	Samochodowy wzmacniacz Hi-Fi –100W	11/96	6,24 zł
299	Jednozakr. wolt–amper. 3/5 cyfry	12/96	3,76 zł
300	Zasilacz laboratoryjny 2001	12/96	8,58 zł
301	Zasilacz lab. z przetwornikiem. C/A	1/97	5,82 zł
302	Zasilacz laboratoryjny – mikroproc.	1/97	16,45 zł
305*	Zabawka – tester refleksu	12/96	9,55 zł
309	Wzm. mocy MOSFET – TDA 7296	3/97	3,42 zł
312	Dekoder SURROUND	2/97	7,32 zł
314*	Imobilajzer z oszukiwaczem do sam.	2/97	5,83 zł
317*	Aparat (pod)słuchowy	3/97	2,41 zł
321	Generator PAL ster. mikroprocesorem	4/97	5,04 zł
322*	Elektr. przerywacz kierunkowskazów	4/97	1,52 zł
327*	Pozycjoner – pilot	5/97	2,84 zł
335*	Konwerter ultradźwiękowy	6/97	4,08 zł
336	Uniwersalny zasilacz LM 317, LM 350	7/97	2,82 zł
339*	Programator do tunera telewizyjnego	7/97	11,28 zł
341*	Tester pojemności akumulat. Ni–Cd	8/97	6,24 zł
343*	Wykrywacz kłamstw	8/97	1,63 zł
348*	Sterownik regulator temperatury	9/97	2,72 zł
352*	Przystawka logarytmująca	10/97	3,11 zł
355	Śnieżne gwiazdki na choinkę	11/97	2,81 zł
361*	Akustyczny próbnik przejścia	11/97	1,52 zł
365	Video korektor – rozkodowyw. kaset	12/97	9,96 zł
367*	Fazowy sterownik mocy	12/97	4,53 zł
372	Częstościo. z aut. zmianą zakresu	1/98	5,75 zł
373*	Generator funk. 10 MHz pł. czołowa	3/98	17,44 zł
374*	Generator funk. 10 MHz sterownik	3/98	7,36 zł
375*	Generator funk. 10 MHz pł. główna	3/98	10,35 zł
376*	Generator funk. 10 MHz pł. zasilacza	3/98	2,79 zł
378*	Impulsowy stabilizator napięcia	1/98	2,05 zł
379*	Elektroniczny symulator rezystancji	2/98	5,26 zł
380*	Dekoder informacji dodatkowych RDS	2/98	1,85 zł
385*	Regulator do projektora slajdów	3/98	6,11 zł
391*	Elektroniczny potencjometr wieloobrot.	4/98	6,07 zł
392*	Dźwiękowy sygnalizator samochodu	4/98	1,52 zł
394	Samokalibrujący miernik LC	4/98	11,74 zł
395	Uniwersalna karta we–wy do IBM PC	5/98	14,49 zł
396*	Wzmacniacz – przystawka do telefonu	5/98	3,05 zł
399	Miniaturowa kamera telewizyjna	5/98	5,63 zł
402*	Miernik częstotl. – przystawka do PC	6/98	2,22 zł
404*	Stół mikserski – wzmacniacz	7/98	6,25 zł
405*	Stół mikserski – wzmacniacz sumy	6/98	6,57 zł
408*	Stół mikserski – wskaźnik wysterowania	7/98	6,57 zł
409*	Stół mikserski – korektor graficzny	7/98	10,54 zł
410*	Zabezp. mieszkania z radiopowiad.	7/98	6,75 zł
413*	Wzmacniacz mocy w.cz.	8/98	4,99 zł
416	Uniwersalny sterownik silników krokowych	8/98	4,58 zł

419*	Gwiazda betlejemska–ozdoba	11/98	5,30 zł
420	Modulator–nadajnik TV małej mocy	9/98	4,29 zł
422*	Woltomierz ze skalą logarytmiczną	9/98	18,04 zł
423*	Moduł przetwornika wartości skutecznej	10/98	2,30 zł
425	Prostownik z układem UC 3906	9/98	3,97 zł
426	Mikroprocesorowy regulator mocy	10/98	6,16 zł
429*	Kontroler napięcia akumul. w latarce	10/98	1,90 zł
430*	Rotujący zegar	10/98	5,32 zł
432*	Tester żarówek do samochodu	11/98	3,10 zł
433*	Bezprzewodowy dzwonek + bariera opto	11/98	5,98 zł
436*	Sygnalizator cofania do samochodu	12/98	2,28 zł
437*	Mini automat perkusyjny	12/98	3,51 zł
440*	Antyusypiacz dla kierowców	1/99	2,53 zł
441	Generator obrazu TV – PAL	2/99	9,30 zł
444*	Walentynkowe serduszko	1/99	3,15 zł
445*	Programator mikrokontrolerów AVR	2/99	16,19 zł
446*	Detektor gołoledzi	1/99	3,61 zł
447*	Disko – błysk	2/99	9,49 zł
449*	Migająca strzałka z wykrzyknikiem	4/99	6,26 zł
450	Oscyloskop cyfrowy – wzm. we.	2/99	7,40 zł
451	Oscyloskop cyfrowy – rejestrator	6/99	16,58 zł
452	Oscyloskop cyfrowy – procesory	5/99	19,36 zł
453	Oscyloskop cyfrowy – zasilacz	7/99	4,24 zł
454	Oscyloskop cyfrowy – klawiatura	7/99	8,28 zł
455*	Refleksomierz – miernik czasu reakcji	3/99	6,14 zł
456*	Scalony generator funkcyjny	2/99	4,62 zł
458	Synteza do tunera UKF	4/99	11,64 zł
459	Stacja lutownicza – regulator temper.	3/99	11,36 zł
460	Programator procesorów ATMEL	4/99	14,67 zł
462*	Ściemniacz oświetlenia wnętrza auta	5/99	2,53 zł
463*	Symulator obecności domowników	6/99	7,40 zł
465	Samochodowy wzm. mocy 4 x 70W	4/99	10,44 zł
466	Przedwzmacniacz samochodowy	5/99	13,54 zł
467	Korektor do przedwzmacniacza samochodowego	6/99	9,49 zł
470	Generator UKF	7/99	5,57 zł
471	Generator UKF – synteza częstotliwości	9/99	13,16 zł
472	Ultradźwiękowy odstraszacz psów	6/99	1,90 zł
473*	Dekoder dźwięku Canal+	1/00	3,73 zł
475	Laboratoryjny zasilacz 0–30V/5A	9/99	13,29 zł
478	Programator PIC16F83/84, 16C84	8/99	3,29 zł
479*	Tłumik regulowany w.cz.	8/99	11,26 zł
480	Mikroprocesorowy wykrywacz metali	7/99	3,54 zł
481*	Kostka do gry	8/99	2,53 zł
484	Szybka ładowarka do akumul. NiCd	9/99	3,80 zł
488*	Wzm. samochodowy z zasil. –/+12V	10/99	8,23 zł
496	Wentylator do PC	12/99	3,17 zł
498*	Analogowo–cyfrowy miernik indukcyjności	11/99	4,11 zł
499	Zasilacz laboratoryjny 0–30V/5A	11/99	9,11 zł
500	Radiopowiadomienie 433 MHz	11/99	8,48 zł
504	Regulator obrotów	1/00	4,55 zł
506	Generator napisów do magnetowidu	12/99	5,45 zł
507	Układ Surround do zestawu stereo	1/00	9,68 zł
509	Od’PIC’owany budzik	2/00	11,32 zł
512*	Elektroniczny terminarz	2/01	6,90 zł
514*	Syrena policyjna	2/00	2,53 zł
516*	Walkmen dla zakochanych	2/00	2,78 zł
517*	Zdalne sterowanie oświetleniem cz.1	3/00	10,76 zł
519*	Mikser audio do udźwiękowiania filmów	3/00	25,05 zł
522*	Zdalne sterowanie oświetleniem cz. 2	4/00	4,60 zł
523*	Zdalne sterowanie oświetleniem cz. 3	4/00	3,80 zł
524*	Elektroniczna szczurołapka	4/00	3,04 zł
525*	Sygnalizator cofania do samochodu	4/00	9,87 zł
526*	Kondensatorowa przetwornica +/–12V	4/00	3,54 zł
528	Subwoofer aktywny – kino domowe	5/00	3,08 zł
529	Wzmacniacz mocy 2x120W	5/00	10,84 zł
530	Impulsowy wykrywacz metali	8/00	10,78 zł
531*	Zamek szyfrowy	5/00	4,13 zł
532*	Stabilizator wstępny ograniczający moc strat w tranzystorach szeregowych zasilaczy laboratoryjnych	6/00	4,84 zł
533	Cyfrowy termometr 2 i 1/2 cyfry	6/00	7,10 zł
534*	Przedwzmacniacz gramofonowy	6/00	7,48 zł

536*	Aktywny korektor basów	8/00	7,48 zł
537*	Cyfrowy barometr	7/00	7,10 zł
538*	Konwerter telewizyjny	7/00	2,97 zł
539*	Podłączenie dodatkowego wzm. Mocy do radioodtwarzacza samochodowego	7/00	5,28 zł
541*	Elektroniczna kostka do gry	7/00	4,29 zł
542*	Automatyczny regulator poziomu dźwięku	11/00	4,84 zł
543	Konwerter UKF FM	8/00	3,36 zł
544*	Pomiar pojem. kondensatorów elektrolit.	8/00	4,95 zł
545	Wzmacniacz mocy do subwoofera	8/00	5,28 zł
548*	Stroboskop samochodowy	9/00	3,14 zł
549*	Wskaźnik ładowania i rozładowania akumulatora	9/00	3,19 zł
550*	Monitor linii telefonicznej	9/00	3,19 zł
551*	Wzmacniacz wejściowy do częstościomierza	9/00	3,41 zł
552*	Impulsator wycieraczki szyb samochodowych	10/00	2,75 zł
553*	Prostownik z automatycznym wyłączaniem	10/00	3,14 zł
554*	Przetwornik true RMS – – Przystawka do multimetru	10/00	4,95 zł
555*	Dwukanałowa analogowo–cyfrowa przystawka do oscyloskopu	10/00	5,72 zł
556*	Urządzenie iluminofoniczne	10/00	3,58 zł
557*	System monitorująco–rejestrujący z kamerami przemysłowymi	10/00	7,32 zł
558*	Przedwzmacniacz Hi–Fi ukł. wej.	11/00	10,78 zł
559*	Przedwzmacniacz Hi–Fi ukł. reg	11/00	5,50 zł
560	Wielofunkcyjny domowy system alarmowy – – pilot	11/00	2,75 zł
561	Wielofunkcyjny domowy system alarmowy – – alarm	11/00	14,08 zł
562*	Termoregulator z pomiarem temperatury do mieszkania i samochodu	11/00	11,88 zł
563	Przesuwnik fazy do subwoofera	12/00	2,75 zł
564*	Układziki modelarskie	12/00	3,08 zł
565*	Mikroprocesorowy programator pracy wycieraczek	12/00	4,29 zł
566*	Mininadajnik UKF–FM	12/00	2,75 zł
567	Superbass do samochodu	12/00	8,64 zł
569*	Wzmacniacz mocy klasy D	1/01	11,50 zł
570*	Świecący numerek policyjny	1/01	8,50 zł
571*	Przyrząd elektroakustyka	2/01	9,50 zł
573*	Włącznik dźwiękowy	1/01	6,20 zł
574*	Ściemniacz sterowany pilotem	2/01	3,40 zł
575*	Ściemniacz sterowany pilotem – pilot	2/01	2,50 zł
576*	Kaskadowy wzmacniacz słuchawkowy	2/01	3,00 zł
577*	Automatyczna blokada drzwi w samochodach z centralnym zamkiem	3/01	3,00 zł
578*	Elektroniczny zapłon do samochodu	2/01	4,90 zł
579*	Śpiewać każdy może... Karaoke	3/01	4,00 zł
583*	Korektor graficzny z diodami w suwakach	4/01	6,20 zł
585*	Oscyloskop prawie cyfrowy	4/01	11,20 zł
586*	Automatyczna konewka do domu i ogrodu	4/01	5,90 zł
587*	Trójpunktowy regulator barwy dźwięku	4/01	3,70 zł
589	Programator pamięci EPROM, EEPROM i FLASH ROM – adapter	5/01	3,00 zł
590	Programator pamięci EPROM, EEPROM i FLASH ROM – programator	5/01	21,50 zł
591*	Termohigrometr elektroniczny	5/01	10,60 zł
592	Wzmacniacz mocy 2x120 W lub 1x250 W	6/01	17,50 zł
593	Strachokomar®	5/01	4,00 zł
594	Przestrajany filtr aktywny do subwoofera	6/01	5,30 zł
595	Przedwzmacniacz do Combo	6/01	15,00 zł
596	Przedwzmacniacz do Combo	6/01	15,00 zł
597	Combo gitarowe – korektor graficzny	7/01	16,00 zł
598*	Kontaktron bezprzewodowy	8/01	10,80 zł
600*	Lato z radiem... odbiornik radiowy AM	6/01	5,10 zł
601*	Alkomat	6/01	4,80 zł
602*	Sygnalizator brań gruntowych	6/01	3,00 zł
603*	Tuner FM Hi–Fi	7/01	15,50 zł
604*	Automatyzacja centralnego ogrzewania	7/01	9,90 zł
605	Uniwersalny panel startowy	7/01	9,20 zł
606	Adapter MCS51 do programatora pamięci EPROM	8/01	6,70 zł
607	Elektroniczny miernik tętna	8/01	6,80 zł

608	Profesjonalny mikser stereofoniczny – – monofoniczny wzmacniacz kanałowy	9–10/01	14,50 zł
609	Profesjonalny mikser stereofoniczny – – stereofoniczny wzmacniacz kanałowy	9–10/01	18,50 zł
610	Stół mikserski DJ–a	8/01	46,50 zł
611	Generator – miernik rezonansu	9–10/01	3,40 zł
612	Półautomatyczny prostownik do ładowania akumulatorów samochodowych	9–10/01	3,40 zł
613	Mała świecąca choinka	9–10/01	8,50 zł
614	Modyfikacja szybkiej ładowarki do akumulatorów Ni–CD Mi–Nh	9–10/01	6,70 zł
615	Automatyczny włącznik oświetlenia z detektorem ruchu	9–10/01	5,70 zł
616	Profesjonalny mikser stereofoniczny – – układy dodatkowe	9–10/01	9,50 zł
617	Profesjonalny mikser stereofoniczny – tor efektu	11-12/01	13,10 zł
618	Profesjonalny mikser stereofoniczny – tor sumy	11-12/01	10,90 zł
619	Profesjonalny mikser stereofoniczny – – tor odsłuchu kontrolnego	1/02	14,50 zł
620	Profesjonalny mikser stereofoniczny – zasilacz	1/02	15,90 zł
621	Profesjonalny mikser stereofoniczny – – płytka potencjometrów	1/02	26,90 zł
622	Profesjonalny mikser stereofoniczny – – przedwzmacniacz gramofonowy	2/02	3,80 zł
623	Profesjonalny mikser stereofoniczny – – wskaźnik wysterowania	2/02	14,90 zł
624	Miernik indukcyjności i pojemności	11-12/01	5,70 zł
625	Przetwornica DC 12 V na AC 220 V	11-12/01	8,70 zł
626	Automatyczny wyłącznik aktywnego subwoofera	11-12/01	4,90 zł
627	Tani zasilacz laboratoryjny ± 30V/1,5 A	1/02	9,50 zł
628	Układ odwracania fazy do wzmacniacza mostkowego	11-12/01	2,50 zł
629	Układ regulacji szerokości bazy stereofonicznej	11-12/01	2,80 zł
630	Kino domowe – – kanał centralny i surround z logiką	1/02	9,30 zł
631	Miernik małych rezystancji – – przystawka do multimetru	1/02	3,50 zł
632	Interkom - zabawka	1/02	4,00 zł
633	Miernik temperatury - przystawka do multimetru	2/02	3,00 zł
634	Prosty próbnik sygnałowy do urządzeń elektroakustycznych	2/02	4,00 zł
635	Wykrywacz metali i przewodów elektrycznych	2/02	7,80 zł
636	Kolory na ekranie telewizora	2/02	5,30 zł
637	Tester rezystancji ESR kondensatorów elektrolitycznych	3/02	5,40 zł
638	Stereofoniczny modulator UKF FM	3/02	12,50 zł
639	Profesjonalny mikser stereofoniczny – – układ komutacji	3/02	11,50 zł
640	Samochodowy dwupunktowy termometr	3/02	7,40 zł
641	Akustyczny sygnalizator otwartych drzwi lodówki	3/02	3,80 zł
642	Układ poszerzania pola odsłuchowego	3/02	3,00 zł
643	Niskoszumny wzmacniacz mikrofonowy	4/02	4,90 zł
645	Ładowarka uniwersalna NiCd	4/02	5,30 zł
646	Komputer do pomiaru zużycia paliwa w samochodzie	4/02	9,80 zł
647	Biamping - technika nagłośnienia	4/02	5,80 zł
648	Lampowe brzmienie tranzystorowego wzmacniacza mocy	4/02	3,80 zł

ZAPROGRAMOWANE UKŁADY:

Nazwa	Opis programu	PE	Cena
BUDZIK	od'PIC'owany zegar–budzik	2/00	45,00 zł
CZĘSTO	miernik częstotliwości	1/98	35,00 zł
KOSTKA*	kostka do gry	8/99	12,00 zł
LC	miernik LC	4/98	35,00 zł
MIERNIK	miernik częstotliwości do wyświetlacza LCD 2x24	10/95	18,00 zł
MIERNIK II	miernik częstotliwości do wyświetlacza LCD 2x16	10/95	18,00 zł
OBRAZ	generator obrazu testowego PAL	2/99	30,00 zł
OSCYLO	zestaw zaprogramowanych układów do oscyloskopu cyfrowego	5/99	150,00 zł
PAL	generator testowy PAL	4/97	35,00 zł
PALIWO	Komputer do pomiary zużycia paliwa w samochodzie	4/02	45,00 zł
POZYCJONER	pozycjoner satelitarny	5/97	30,00 zł
RDS*	dekoder RDS	3/98	35,00 zł
REGULATOR	regulator mocy	10/98	28,00 zł
RISC	programator mikrokontrolerów AVR	2/99	40,00 zł
SCM	Ściemniacz sterowany pilotem	2/01	35,00 zł
SILNIK	sterownik silnika krokowego	8/98	15,00 zł
SYNTEZA	synteza do tunera UKF	4/99	40,00 zł
UKF	generator serwisowy UKF	7/99	35,00 zł
VIDEO	rozkodowywacz kaset video	12/97	38,00 zł
WEN	regulator obrotów	1/00	28,00 zł
WOLTOMIERZ	laboratoryjny woltomierz	8/98	35,00 zł
WYKR	wykrywacz metali	7/99	35,00 zł
WZM	układ do zestawu wzmacniacza samochodowego	5/99	40,00 zł
ZASILACZ	mikroprocesorowy zasilacz 2000	11/96	25,00 zł
ZEGAR	mikroprocesorowy zegar	6/95	15,00 zł

DYSKIETKI I PŁYTY Z OPROGRAMOWANIEM:

nazwa	opis	PE	cena
CD–PE1	CD–ROM z archiwum PE 1992÷97 + programy użytkowe dla elektroników		20,00 zł
CD–PE2	CD–ROM z archiwum PE 1992÷99 + testy audio + książka elektroniczna		20,00 zł
CD–PE3	CD–ROM z archiwum czeskich pism elektronicznych z lat 1996÷1999		20,00 zł
CD–RISC	CD–ROM z programami i dok. RISC	2/99	35,00 zł
DYSK–RISC	dyskietka z programami RISC	2/99	25,00 zł
OSD	dyskietka do generatora napisów	12/99	30,00 zł
PIC	dyskietka do programatora PIC	8/99	10,00 zł
PROGAT	dyskietka do programatora ATMELI	4/99	25,00 zł

OBUDOWY

symbol	opis	PE	cena
OB459	obudowa do stacji lutowniczej	3/99	30,00 zł
OB–TS	sonda napięciowa, stroboskop samochodowy	9/99; 9/00	7,15 zł

FOLIE

(samoprzylepne folie z wydrukowanymi napisami)

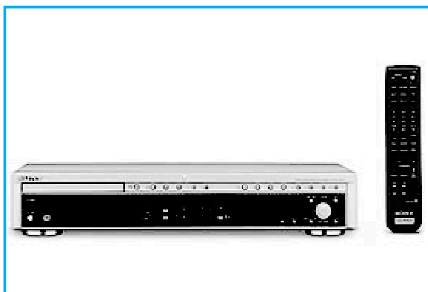
symbol	opis	PE	cena
F490*	folia do analogowo–cyfrowego miernika „f"	10/99	3,50 zł
F498*	folia do analogowo–cyfrowego miernika „L"	11/99	3,50 zł
F501*	folia do wzorcowego generatora kwarcowego	12/99	3,50 zł

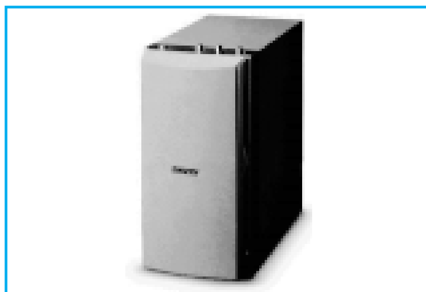
INNE

symbol	opis	PE	cena
MAX713	układ do ładowarki akumulatorów NiCl	9/99, 9–10/01	40,00 zł
RDZEŃ	rdzeń z karkasem do ładowarki akumulator.	9/99, 9–10/01	6,50 zł
RDZEŃ	rdzeń z karkasem do wzmacniacza samochodowego z zasilaczem –12V	10/99	6,50 zł
NAD433	nadajnik radiowy 433 MHz	11/99	15,00 zł
ODR433	odbiornik superreakcyjny 433 MHz	11/99	16,00 zł
STV 5730A	układ do generatora napisów	12/99	45,00 zł
Q17,7	rezonator kwarcowy do generatora napisów	12/99	5,00 zł
WT262 100 kΩ	potencjometr wieloobrotowy	7/00	4,00 zł

PANELE

symbol	opis	PE	cena
P475	Panel do laboratoryjnego zasilacza czterozaciskowego	9/99	35,00 zł
P605	Uniwersalny panel startowy	7/01	25,00 zł


Nagrywarka HAR-D 1000


Głośnik SS-LA300ED


Głośnik SS-LAC305ED

Sony poinformowało o nowej koncepcji domowego sprzętu audio. Połączono w niej technologię dźwięku Sony z podobnym do komputerowego systemem zapisu danych i dostępu do nich. Nowy model Sony HAR-D1000 jest pierwszym urządzeniem do nagrywania dźwięku na dysk twardy przeznaczonym na rynek masowy. Na jej wewnętrznym dysku twardym o pojemności 40 GBa, można nagrać do 500 płyt CD. Szybkie wybieranie i wyszukiwanie albumów oraz utworów jest możliwe dzięki zestawowi wyrafinowanych funkcji.

Model HAR-D1000 w niczym nie przypomina żadnego innego zmieniacza płyt CD Sony. Jego dwie ważne cechy to niewielkie wymiary i bardzo prosta, zgodna z intuicją obsługa zaczerpnięta ze sprzętu MD. Urządzenie ma tylko 82,5 mm wysokości, a metalizowana, srebrna obudowa dobrze pasuje do innych komponentów domowego zestawu muzycznego. Pokrętła sterujące typu "jog dial", nie różnią się od występujących w tradycyjnym, domowym sprzęcie audio-wideo Sony. Model ten umożliwia odtwarzanie plików z dysku twardego lub bezpośrednio z płyty kompaktowej. Zastosowana technologia nagrywania Sony ATRAC3 LP2/LP4 odznacza się wysoką jakością. Kopiowanie płyty CD może się odbywać z podwójną prędkością. Poza danymi muzycznymi, z płyty CD są kopiowane informacje CD text.

Nagrywarka HAR-D1000

Złącze sterujące Sony Mega CD

Chociaż nagrywarka HAR-D1000 bardzo dobrze działa w trybie autonomicznym, można ją również podłączyć do niektórych modeli zmieniaczy płyt CD Sony o dużej pojemności. Daje to podwójne korzyści: synchronizację nagrywania i jeszcze prostsze sterowanie nagrywaniem. Przy takim połączeniu można się również posługiwać zaawansowanymi funkcjami wyszukiwania tytułów albumów i utworów.

Użytkowników komputerów z pewnością ucieszy informacja, że do sterowania można używać dołączonego do zestawu Sony PC Link. W jego skład wchodzi oprogramowanie M-Crew w wersji dla dysków twardych, które pozwala na wybieranie z komputera różnych funkcji edycji dźwięku. Użytkownik może również sterować funkcjami odtwarzania nagrywarki HAR-D1000 oraz przygotować program złożony z 10 utworów/albumów. Z kolei podczas nagrywania można wprowadzać nazwy płyt i utworów wprost z klawiatury komputera, a także poddawać utwory edycji na ekranie komputera za pomocą techniki "zaznacz i wklej". Oprogramowanie M-Crew pozwala też na komunikowanie się z internetowymi bazami danych o płytach CD w celu uzyskania informacji tekstowych o nagranych utworach.

Sony wzbogaca rodzinę kolumn głośnikowych LA o nowe modele: SS-LA300ED, SS-LAC305ED (głośnik centralny) i SA-WD100 (głośnik basowy) odznaczające się bardziej przystępną ceną.

Do sprzedaży trafił ponadto zestaw SS-LAP305ED, zawierający cztery głośniki SS-LA300ED i jeden głośnik centralny SS-LAC305ED. Sprzedawany na sztuki model SS-LA300ED jest skonfigurowany jako zminiaturyzowana, dwudrożna, dwuelementowa kolumna w obudowie bass reflex, w skład której wchodzi 100-milimetrowy głośnik tonów niskich oraz głośnik tonów wysokich Extended Definition, pracujący w paśmie do 70 kHz. Wykorzystanie dużego głośnika tonów niskich w obudowie kolumny eliminuje potrzebę zastosowania osobnego głośnika basowego, nawet w konfiguracjach reprodukujących dźwięk wielokanałowy. Rozwiązanie to oznacza, że wielokanałowy zestaw głośników jeszcze mniej rzuca się w oczy, gdyż w pomieszczeniu nie ma głośnika basowego.

Miłośnikom tonów niskich oferujemy głośnik basowy SA-WD100, którego atrakcyjny wygląd idealnie komponuje się z resztą zestawu. 200-watowy, cyfrowy wzmacniacz i kopułkowy głośnik tonów niskich o średnicy 135 mm zagwarantują dźwięk basu, spełniający oczekiwania konsumentów.

Nowa podstawa stabilizująca głośniki zawiera uniwersalny mechanizm złącza kulowego, zwiększający swobodę przy rozmieszczaniu głośników.

Nowatorska, obła obudowa poprawia jakość dźwięku. Zaproponowane rozwiązanie zwiększa sztywność i zapobiega powstawaniu fal stojących.

W 25-milimetrowym głośniku tonów wysokich Extended Definition zastosowano membranę węglową i bardzo silny magnes neodymowy. W efekcie głośnik ten odznacza się dużą mocą wejściową 100W i pasmem przenoszenia 70 kHz. To sprawia, że nowe modele mogą posłużyć do odtwarzania dźwięku z nowych cyfrowych nośników o dużej rozdzielczości, takich jak Super Audio CD.


Głośnik basowy SA-WD100